＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-04
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

＜総論＞

メンテナンスフリーと空気圧機器

＝保全現場（TPM）からみた空気圧機器＝

㈱日本プラントメンテナンス協会　飯島　清二

はじめに

TPM活動の概略を先に紹介する。

TPM（Total Productive Maintenance）は、モノづくりにおけるあらゆる“ロス”を“ゼロ”にして、生産システム効率化の極限を追求し、企業の体質強化につなげる活動である。

TPMのねらいは、“人と設備の体質改善による企業の体質改善”を目指すことである。“人の体質改善”と“設備の体質改善”は相互に作用しながら同時進行し、その結果として“企業の体質改善”が実現される。

企業の体質改善とは、

快適な働きやすい職場づくりができ、業績が向上し、儲かる企業になることである。

人の体質改善とは、

オペレーターは自主保全能力が身につき、保全マンは高度専門保全能力が身につき、生産技術者は保全不要（メンテナンスフリー）の設備設計能力が身につくことである。

設備の体質改善とは、

既存設備の効率化ができ、新設備のLCC設計と垂直立ち上がりなどができることである。

また、TPMは製造部門だけでなく、事務・設計・営業・研究開発などの各部門においても、人や組織・機能を体質改善することで、企業の総合的な体質改善が実現できることである。

TPMの進め方としては、次の“TPM展開8本柱”で進められる。

① 設備効率化の個別改善
② オペレーターの自主保全体制づくり
③ 保全部門の計画保全体制づくり
④ 運転・保全のスキルアップ訓練
⑤ 新製品・新設備の初期管理体制づくり
⑥ 品質保全体制づくり
⑦ 管理間接部門の効率化体制づくり
⑧ 安全・衛生と環境の管理体制づくり

1．オペレーターによる保全の必要性

TPM活動の原点である重要な3つの活動は、

① ロス改善
② メンテナンス（保全）
③ 人材育成

である。

これら重要な活動の中の1つであるメンテナンスは専門保全担当者のみのメンテナンスの時代は過去のものとなっている。

最近のメンテナンスは、オペレーターが実施できる部分はオペレーターがやり、専門保全担当者でなければできないような部分は専門保全担当者がやるというように、メンテナンスの内容を分担し、相互に協力し合い「設備故障“ゼロ”」を目指したメンテナンス方式が国内外に広まっている。

オペレーターに保全の能力を身につけさせ、自ら保全ができるようになることは、それまでの専門保全担当者のやるべき仕事の一部を受け持ってくれることである。

一方、専門保全担当者は、高度化した最新の制御技術や予知診断技術の習得、IT化に向けた保全方式の構築や年間保全計画立案などに専念しなければならなくなる。

また、技術部門はTPM活動を通して得られた保全情報（MP情報）を参考にして、新規設備導入計画や既

設設備に展開するなど、保全情報の活用回数を重ねてメンテナンスフリー化に近づいた企業体質に変わる。

オペレーターに保全の能力を身につけさせ、自ら進んで自分の力に合わせた保全を実践させるためには、保全技能教育のカリキュラムを活用し、計画的に座学と実習を交互に交えながら、保全技能を身につけるための教育訓練を実施し、"自分の設備は自分で守る"、"設備に強い人づくり"になることである。

このようなオペレーターによるTPM活動を自主保全活動という。

オペレーターは上長に指示された仕事のみをこなしていけば、それだけで満足するかと言うと、必ずしもそうではなく、自ら進んで知恵を出し、何らかの改善をやり、機械加工であれば治具・工具などを使い易く改善し、生産効率を上げ、達成感を自ら得ようとするものである。

また、機械そのものについて、日々刻々と変化する機械の状態を一番良く知っているのは、直接機械を運転しているオペレーターのみであると言える。

どこの国においても同じことであるが、オペレーターが機械に関係した知識を身につける環境に居なかったか、機会があってもやらなかったかの違いで、機械の知識を持ち合わせていない場合が多い。保全技能を身につける教育訓練を受けたオペレーターは保全に興味を持ち、進んで活動に参加するようになり、生産設備も復元・改善され体質改善が実現できるようになる。

2．空気圧機器の問題点

空気圧機器に使用される圧縮空気（エア）は何処でも簡単につくり出すことができるので、空気圧機器はあらゆる産業で広く使われている。

実際に自主保全活動として、オペレーターによる保全活動を実践してみると、空気圧機器ばかりでなく他のあらゆる要素・機器に至るまで、正常な状態で運用されていたところは数少ないことが分かった。

ここでは、自主保全活動のステップ展開中か復元・改善後に発見される空気圧機器の問題点について気付いた点などを述べる。

空気圧発生装置や、配管系統のエア漏れやまずさ、圧縮空気の清浄度管理のまずさなども多々あり、メンテナンスフリーの考え方にはなかなか到達しそうもない。しかしながら、ここではエア3点セット以降の問題点に絞って述べていくことにする。

対象とする機器は、ごく一般的に使用されている次の4品目であるが、これらは使う側の問題がほとんどであり、エネルギーロスの発生源あり、品質不具合も発生させている。

① エア3点セット
② 向切換弁
③ スピードコントロール
④ エアシリンダ

2－1　エア3点セット

(1) エアフィルタ

エアフィルタは，一般に配管の端末で空気圧機器を使用する場合、駆動機器の直前に取付け、水滴、油滴、不純物を分離し、空気圧機器に入らないようにする機能を持つものである。

エアフィルタの問題点として、エアフィルタの表面に茶色っぽく色が付き、配管の内面から発生した錆状の不純物であったり、目詰まりを起こしたりしている。

また、手動式ドレンの付いたボウルに溜まったドレンを定期的に排出されることもなく、エアフィルタの役目を失っているものもある。

(2) レギュレータ

エア3点セットが設備の低い位置に取り付けてあり、エアフィルタのドレンの状況が確認できないことと、二次圧設定用の圧力計の圧力が確認しにくい。また、ルブリケータの潤滑油量の確認もやりにくいこともある。

エア3点セットが重要であるにもかかわらず、重要視されていないことが現実であり、改善項目の良い事例になっている。

(3) ルブリケータ

ルブリケータは、エア3点セットの中では一番厄介な存在で、他の空気圧機器が改良・開発されて使い良くなっても、依然として管理方法がいき届いていないのが現状である。

ルブリケータは，潤滑油を噴霧状の油粒子（マイクロフォグ）にして圧縮空気中に浮遊させ，配管内を通して使用する空気圧機器（エアシリンダ、エアモータ、ロータリアクチュエータ、エアスピンドルなど）の中に送り込み，潤滑を必要とする部分に油粒子を付着させる働きをするものである。このようなルブリケータの働きを無視した使い方をしている場面にしばしば出合わす。空気圧機器の不具合な動きや寿命延長に気を使っていない場合には、ルブリケータのボウルの中に潤滑油が一滴もないままで使用することもあり、ボウルの中には潤滑油が上限一杯迄入っていても、6

ヶ月経っても1年経っても少しも減っていないような使い方をしていた例も良くある。後者の場合は、ルブリケータの機能を知ってはいても、過去に油量調整がうまくいかず、エアシリンダの方向切換弁のサイレンサから潤滑油が漏れ出てしまい、結果として油量調整ねじを締め込んでしまったということもある。

また、新規購入した機械（加工用）にエア3点セットが取付けてあっても、ルブリケータの潤滑油の（油量調整）滴下数を決定していくために何を基準に進めていったならば良いのか、何も触れられないでいることが殆どである。

ただし、特殊な空気圧機器でエアスピンドルなどの使用に当たっては、メーカ側よりエアの清浄度、エア配管の内径、長さの制限、潤滑油の滴下数その他メンテナンスも含め注意事項などが詳細に取扱説明書に明記されている。

2－2　方向切換弁

方向切換弁は非常にバラエティーに富んだ機器であって、種類も2ポート、3ポート、4ポート、5ポート迄あり、更には形状・サイズ・電源など各メーカ内でもたくさんに分かれている。

方向切換弁に発生する不具合の回数（寿命）は、使用時の姿勢による場合も大きな差として現れてくる。

また、近年は小型化の方向、ワンタッチ化の方向でもあるので、小型化された樹脂製の方向切換弁は、自主保全といっても圧縮空気の管理をしっかりしていくことが大切で、不具合が発生した場合には、新品と交換するのが一般的になりつつある。良くある不具合の状況はエアが流れないことと、エアが止まらないことである。

2－3　スピードコントローラ

スピードコントローラの構造はチェック弁とニードル流量調節弁とから構成されたユニットで、回路構成されるとチェック回路とニードル回路とになり、エアシリンダなどのスピードをコントロールする役目をするものである。

スピードコントローラは、エアシリンダの動き方が問題になるような精度を要求される機械では、生産の途中で頻繁にニードルツマミを回転させ、速度の確認をしては生産を続けるというようなことがおこなれている。これは自主保全活動の一環として専門保全担当者を交えた改善活動をして対策を打っているところもあるが、専門保全の力不足でなかなかうまくいかないこともよくある。うまくいっているところは、圧縮空気の質（水分、油分）、圧力変動、エアシリンダまでのパイプ（チューブ）の長さや太さ、方向切換弁からの距離などを確認し、不具合個所の改善を一つ一つ実施し、成功している。しかしスピードコントローラのニードルの設定位置がうまく合わせにくく、エアシリンダの動きに合わせたサイズのものに交換しなければならないこともある。これはスピードコントローラの選択ミスであり、長い間無駄骨を折っていたことになる。

2－4　エアシリンダ

エアシリンダは構造、サイズ、使用目的、出力などにより、数限りない数量が使われ、不具合の発生も種々雑多である。

＜エアシリンダの不具合例＞

(1)　心ずれによるエアシリンダのピストンロッドシール部からのエア漏れ

エアシリンダのピストンロッド側のロッドパッキン、ワイパリングが破損し、ロッドとはめあうブッシュ内径が磨耗した結果エア漏れが発生する。また、ピストンロッドの磨耗によってもエア漏れが発生する。

(2)　エアシリンダの出力不足

ピストンパッキンおよびロッドパッキンへの潤滑不良による内部抵抗が増大する場合。ピストンパッキンの破損、変形などによる内部抵抗が増大する場合。ピストンパッキンの摩耗や破損によって、ピストンパッキンのシール機能が低下し、シリンダ内部でピストンの加圧側から反対側へ圧縮空気が抜けてしまい、出力が出なくなる場合である。

(3)　ストローク不足

クッション付きのエアシリンダで、クッションのニードル弁が絞められていて、全ストローク移動できない場合と負荷側にストロークを押さえるような状態で止められている場合である。

(4)　エアシリンダの速度低下

給油不良によりピストンパッキンがうまく動かなく、速度低下になる。

(5)　エアシリンダのスティックスリップ

スティックスリップ（stick slip）は、滑り摩擦抵抗が働く摺動面で摺動させるときに起こる間欠的な摺動現象である。比較的遅い速度範囲で、エアシリンダの速度を一定に保って動かそうとする時、摺動面の一方が弾性要素をもっていると、運動が連続的とならないで、動かそうとする力は変位の蓄積で徐々に大きくなっていく。この力が静止摩擦抵抗を超えるまで動かないでいる。いったん超えると動き出し、動摩擦抵抗が

制止力として働き停止する。そして、また変位の蓄積が始まるということを繰り返す間欠的な現象である。エアシリンダの場合には、無負荷時でも50mm/sec以下のスピード時に発生すると言われている。

(6) エアシリンタの速度が時々変化する

これは、外部抵抗の変化とスピードコントローラ部に発生するロック現象が原因と考えられる場合と、方向切換弁の不具合によって起こる場合もある。

(7) エアシリンタのロッド部を機構全体の軸受けまたは摺動ユニットとして使用している

設計のレベルの低さか、認識不足か、組立部門の力のなさかは定かではないが、使い方のPR不足があるかもしれない。

エアシリンダの問題点、不具合点としては以上のような現象の他に、まだまだ多くの現象が発生している。

3．不具合事例

エアシリンダの不具合によって、チョコ停を発生してしまった事例。IC生産工場で、ICフレームの搬送部に装着してあるICフレームクランプ用エアシリンダ（第1図）である。この図からお分かりの通り、構造的にも、使い方においても、問題がある。

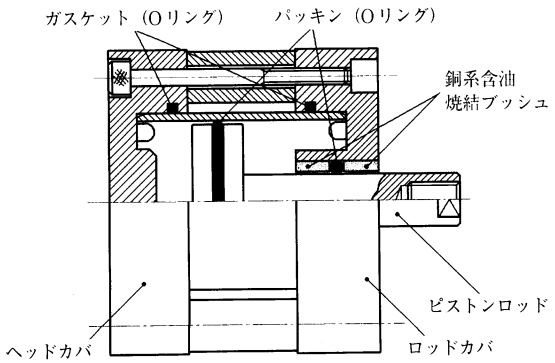
発生した不具合点を上げると、

① 始業時から暫くの間、エアシリンダの作動開始が遅れ、正常なシーケンスが乱れチョコ停になり、この間製品は不良になった。

② 運転が安定状態になってもランダムにチョコ停が発生していた。

③ エアシリンダの動き（速度）にバラツキがある。

などである。



第1図

これらの不具合が発生した原因を解析した結果、次の事柄が分かった。

① 使用する環境にマイクロフォグが使えない。

② 心ずれの状態で使用せざるを得ない設計であった。従ってピストンロッドとブッシュの両方が摩耗し、シール用Oリングも変形し、摩耗してしまった。

③ ピストン用Oリングの潤滑はグリースであったため、グリースの劣化が進み硬化状態になり完全な潤滑不良になっていた。

対策としては、まず正常なエアシリンダと交換し、取り外したエアシリンダのピストンロッドとブッシュの摩耗状態を調べ、さらに使えるようであれば分解清掃をして、Oリングの交換と潤滑剤（グリース）をしっかり塗布し、次の予備部品として保管し、不具合が起る前にローテーションをおこなう。または一気に新品に交換する方法である。いずれにしても、交換周期を見出すことが大切である。このような場合のメンテナンスフリー化とは、定期的に外部から潤滑ができるようにするか、生産に支障がないよう適切な交換とそれに係る時間を如何に短縮するかにある。

4．空気圧機器メーカと使用側の協力関係（空気圧機器のメンテナンス技術）

空気圧機器を正常な状態で使うには、いかに圧縮空気の質を維持管理できるかということと、空気圧機器を正しく使いこなしていく技術「空気圧機器技術」が大切である。これまでと同様に、これからも日々技術革新を続けていく領域でもあり、今よりさらに専門化された技術になっていくことであろう。

海外のあるメーカは、使う側に対して使用上の指導を十分に実施（定期的に実施）して、空圧機器の上手な使い方まで伝授し、アフターサービスもそれなりに上手くやっているのを目の当たりにした。国内でも空圧機器メーカの考え方まで十分に伝えられる仕組みにしてもらいたいと思う。

おわりに

メンテナンスフリー化へ一歩でも近づけるよう、空圧機器メーカとユーザーの密接な情報交換の場が増やせる環境にしていかなければならない。それぞれが努力すべきであると思う。

（筆者紹介はp.79参照）

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-06
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

シリンダの保全性、耐久性の動向

SMC㈱　山下　良介

はじめに

汎用空気圧シリンダが普及して30年以上経つが、その間、中間停止機能付、ガイド付、可動テーブル付など種々の機能を有するものや特殊な環境に耐えるものなどが製品化され、空気圧シリンダは品揃えの面でかなりの充実が見られる。一方では、空気圧システムの末端機器としての機能を持ち、ユーザ装置に直接接続される場合の多い空気圧シリンダの信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）に対する要求は多大なものがある。

本稿では、まず信頼性の概念を確認し、次にそれに大きく関連するシール・グリースの問題などについて触れ、さらに、信頼性の動向を探るべく、多少なりとも信頼性に貢献していると思われる製品の紹介を行う。

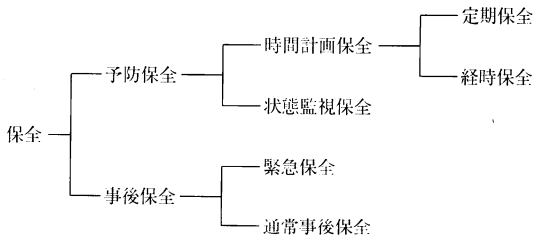
1．信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）の概念と空気圧シリンダ

信頼性は、JISにおいて「アイテムが与えられた条件で規定の期間中、要求された機能を果たすことができる性質」と定義されていて、耐久性・保全性・設計信頼性の3つに分かれている。耐久性とは、寿命が長く、かつ故障の少ない性質をいい、保全性とは修理しやすく、故障しても早く修復する性質をいう。この耐久性と保全性を総合的に評価するため、次の指標A（availability）が使用されることが多い。

A＝稼働時間／（稼働時間＋停止時間）

当然のことながら、稼働時間が長いほど、また停止時間が短いほどAの値は大きくなり、信頼性のある優れた機器あるいは装置であるということができる。

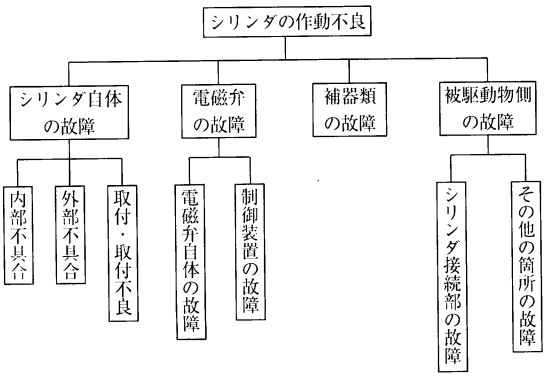
一般に保全は第1図のように分類されている。事後保全とは故障が起きてから処置を施す保全である。一方、予防保全とは、設備が故障せず、その機能が十分に発揮できるように適切な処置を施していくやり方であり、時間計画保全と状態監視保全に分かれる。時間計画保全は故障までの平均時間などをもとに決められた一定周期で保全を施していく方法である。一方、状態監視保全は設備の劣化状態を常時、あるいは定期的に設備診断でモニタリングし、異常が認められた時に保全を行う方法である。したがって、寿命のばらつきが少ない設備の場合には時間計画保全がよく、逆に寿命のばらつきが予想される場合には、状態監視保全が適しているといえる。また、事後保全は歴史が古く、設備によっては予防保全をほどこすよりも、不具合発生後に保全したほうが経済的な場合もある。しかしながら、近年設備の複雑かつ高度化に伴い、1つの機器の不具合がライン全体の停止につながり、多大な損失を被る恐れがある。したがって、予防保全は、今後ますます重要視されるものと思われる。



第1図　保全の分類

信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）の手法としては、FMEA（failure mode and effect analysis）やFTA（fault tree analysis）などが一般的であり、どのような故障モードが致命的であるかを、システム上で評価することによって、致命的欠陥の事前防止を

図ったり、システム上の発生予測トラブルの原因追求を行うものである。たとえば、シリンダの作動不良を例にとったFTAの一例を第2図に示す。シリンダの作動不良という解消すべき不具合を最上位に位置させ、不具合原因を樹木状に列挙していく。そのため、FTAは故障の木解析と呼ばれている。



第2図　FTAの一例（シリンダの作動不良）

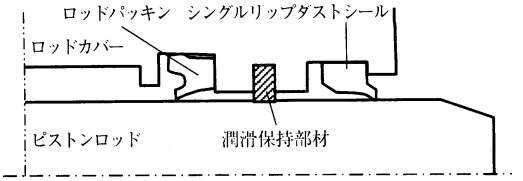
FMEA、FTAなどは、実際の経験およびそれに伴う推測などが根底にあるが、これらとは対照的に、信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）の数理モデルを作り、これを工学的、統計的に解析することにより、最終的に前述のA（availability）を推定する方法の1つにワイブル分布（Weibull distribution）の利用がある。

最後に、設計信頼性であるが、これは故障してもシステム全体が致命的にならないようなフェールセーフ設計や人間工学を応用して誤操作をしないようにする設計などが含まれる。

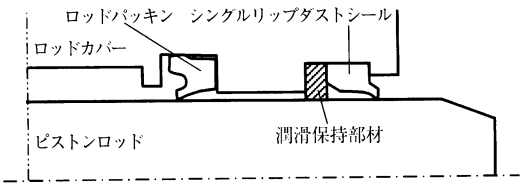
以上、信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）の概念およびその手法について簡単に述べ、さらにシリンダの作動不良を例に取り故障解析に触れたが、詳細については、専門書に譲る。

2．シール・グリースと信頼性

1970年代に無給油シリンダが開発され、80年代に入ると普及し始めた。このような、無給油機器の開発は、当時は画期的であり、空気圧システムのメンテナンスフリー具現化の先駆けであった。今では、空気圧機器と言うと無給油タイプを指すことが多くなり、それに使用されるシール、グリースおよび軸受材などの技術面における向上が望まれている。かつて、無給油システムが普及するにつれて、グリース保持性や潤滑油膜の形成し易さなどを主眼とした形状を有するパッキンの開発が進められた。また、材質面においても、耐摩耗性、摺動性およびグリースとの相性などを考慮して、より長寿命のパッキンが出現した。さらに、潤滑保持部材などを使用したり、パッキン構成に工夫を加えることによる潤滑保持機構（第3図）の採用により、耐久性の向上が期待されている。ところで、最近、使用環境のクリーン化やその他環境上の理由から、超乾燥・オイルフリーの圧縮空気への要求が増加しつつある。この超乾燥のクリーンエアの使用は、空気圧シリンダを含む空気圧機器の耐久性を短縮する傾向にあるとの新たな問題が生じている。この環境下での耐久性向上のために、塗布グリースとしてウレア系グリースなどを用い、またシール材としては、一般のNBRよりもフッソ系あるいはH-NBRを使用することが推奨されている。このように、それぞれの環境仕様に適したシールおよびグリースの選択が必要である。



グリースの乾燥流失を抑えるとともにピストンロッドの黒ずみ防止に、シングルリップダストシールの後方に潤滑保持部材を装着する。ダストワイパ機能も向上する。



グリースの乾燥流失を抑えるとともにピストンロッドの黒ずみ防止に、潤滑保持部材をシングルリップダストシールと組み合わせて一体溝に装着する。ダストワイパ機能も向上する。

第3図　潤滑保持機構の例

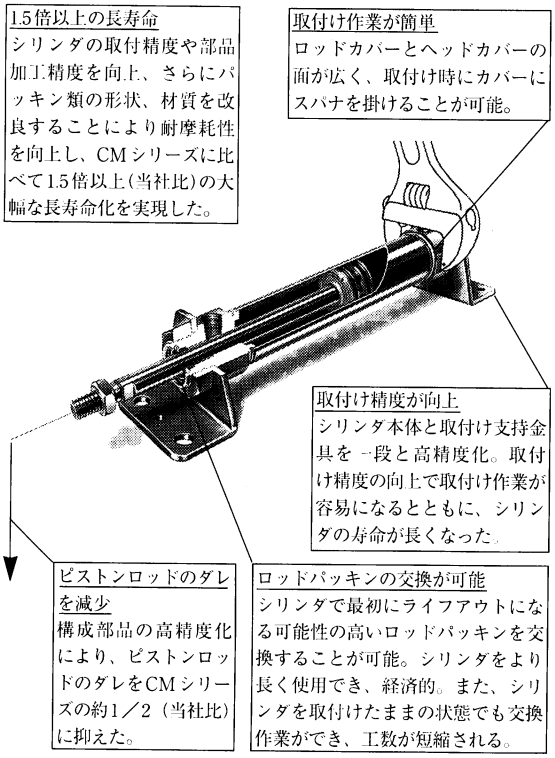
3．空気圧シリンダに見る信頼性の動向

信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）の観点から空気圧シリンダを概観し、特徴あるものを列挙する。

(1)　CM2シリーズ

汎用シリンダであるが信頼性の点から見て数々の特徴を有するものの1つにCM2シリーズがある（第4図）。このシリンダはシリンダ構成部品の中で、最初にライフアウトになる可能性の高いロッドパッキンを、

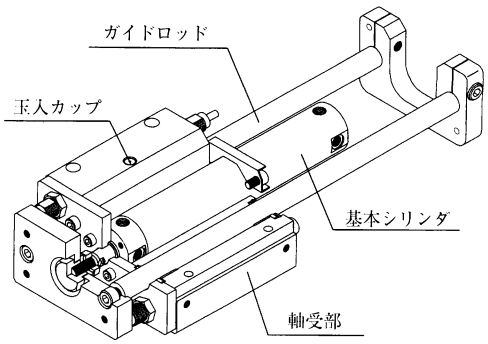
シリンダを取り付けたままの状態で交換することができるため、保全工数の削減や耐久性の向上に貢献している。シリンダ構成部品の精度向上により、ピストンロッドのダレをCMシリーズの約1／2（当社比）に抑えることができ、さらに、パッキン類の形状、材質を改良することにより耐摩耗性を向上しCMシリーズに比べて1.5倍以上（当社比）の大幅な長寿命化を実現した。また、ロッドカバーとヘッドカバーの面が広く、取付時にカバーにスパナを掛けることができるため、作業が簡単に行えるなどの利点がある。



第4図　CM2の信頼性

(2)　ガイド付シリンダ

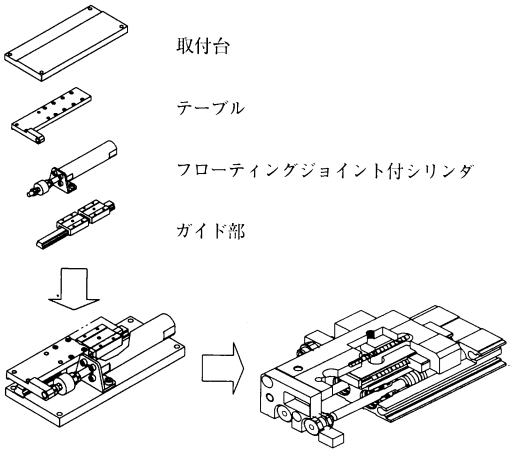
軸受を含むガイド部と基本シリンダを一体化し、省スペース化のみならずガイド部と基本シリンダ間の芯出し工数を低減させ、ユニット化したシリンダにガイド付シリンダMGシリーズがある。第5図に、そのうちの1つMGPシリーズを示す。このシリンダはガイド部にグリースを注入する機能（玉入カップ）を有し、定期的な保全作業により、寿命延長が期待できる。また、ショックアブソーバやアジャストボルトが本体に内蔵されているため、スペースセービングのみならず耐久性の向上に貢献している。



第5図　ガイド付シリンダ（MGPシリーズ）

(3)　テーブル付シリンダ

ロッドレスシリンダに代表されるようにテーブルを移動させる用途は多々ある。ロッドタイプのシリンダにテーブル移動機能を具備させるためには、第6図（MXシリーズ）に示すように、フローティングジョイント付シリンダの他、テーブル、ガイド部、取付台などが必要になる。そこで、これらをコンパクトに一体化して、ユーザーサイドでの芯出しや組付工数の低減を図り、テーブルの高精度な駆動を実現することにより、耐久性の面でも便宜が図られている。

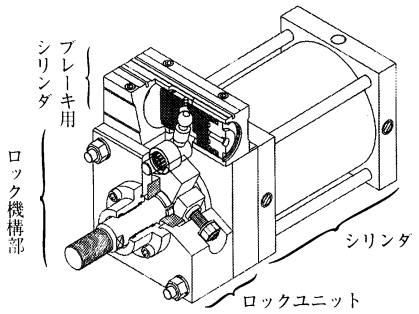


第6図　テーブル付シリンダ（MXシリーズ）

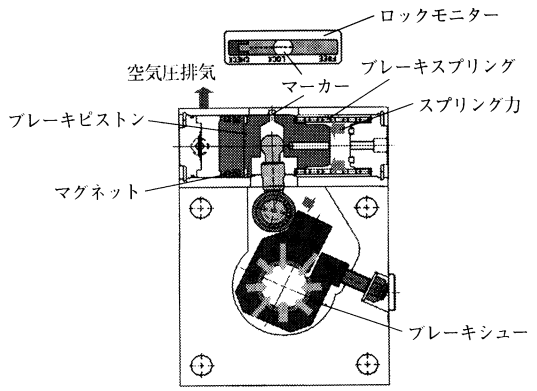
(4)　ロック付シリンダ

偏心カム方式を採用したロック機構付シリンダにCLSシリーズがある（第7図）。このシリンダは保全性を重要視し、安全性をも考慮した両方向ロックが可能なシリンダである。シリンダ本体に接続されているロックユニットのブレーキ用シリンダ内にロックモニターを設置しマーカーによりロックユニット（ブレー

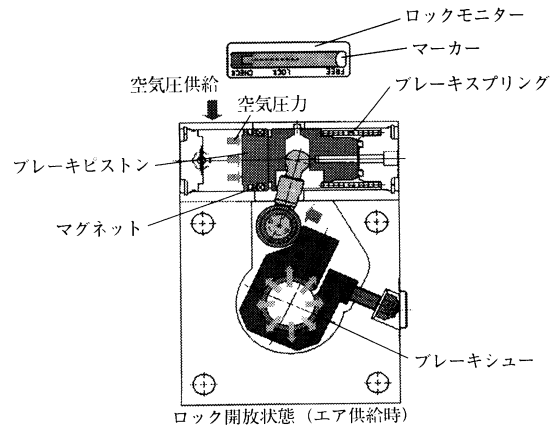
キピストン）の作動状況やブレーキシューの摩耗状態（寿命）の確認などを行うことができる。さらに、ブレーキ用シリンダにスイッチを設置することにより、ロックユニット（ブレーキピストン）の作動状態をスイッチ信号として検出可能である。また、ブレーキ用シリンダの空気圧を排気することでロックするため、空気源や電源の故障の際にも安全サイドに働くフエールセーフ構造となっている。



(a) ロック付シリンダ（CLSシリーズ）



(b) ロックユニット断面（ロック状態）

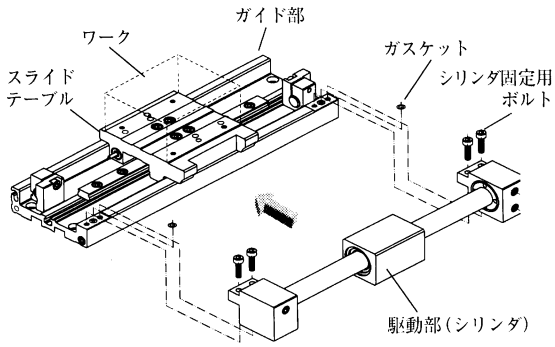


(c) ロックユニット断面（ロック開放状態）

第7図

(5) リニアガイド付ロッドレスシリンダ

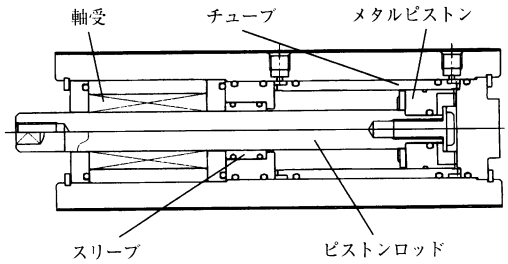
リニアガイド付でエンドカバーがないタイプのリニアガイド付ロッドレスシリンダにCY1Fシリーズがある。このシリンダは第8図に示すように、ワークの取外しが容易で、さらに、駆動部（シリンダ部）とガイド部が分離一体構造のため、ワークを取付けたまま、駆動部（シリンダ部）の交換が可能である。



第8図 駆動部（シリンダ）とガイド部の分離一体構造
（リニアガイド付ロッドレスシリンダ CY1Fシリーズ）

(6) メタルシールシリンダ

耐久性の優れたシリンダの1つに、メタルシールシリンダMQQシリーズ（第9図）がある。これは、メタルシール形電磁弁の主弁（スプール・スリーブ）を応用したもので、メタルピストンとチューブ、ピストンロッドとスリーブ間にそれぞれクリアランスを設けてあり、微少のエアリークを許容し、摺動を滑らかにしている。このエアリークを生じさせることおよびピストン、スリーブのフローティング機構により、低圧時（最低使用圧力0.005Mpa）や放置後のスムーズな低速・等速駆動・高速応答性・温度特性および耐久性（1億回または10,000km以上）の優れたオイルフリーのメタルシリンダとなっている。



第9図 メタルシールシリンダ（MQQシリーズ）

(7) 耐環境型シリンダ

空気圧シリンダの不具合が原因で、環境レベルの維持が不可能になる場合がある。たとえば、ある特殊な環境内で使用中の空気圧シリンダから外部漏れが発生した場合、シリンダ自身の機能が低下するだけでなく、環境側（たとえば、クリーンルーム、ブラウン管製造工程など）の重大な汚染を招き、生産物（汚染対象）に対して致命的な欠陥を引き起こす恐れがある。このような特殊環境内で使用されるシリンダには、場合によっては耐久性よりも優先させてまで、それぞれの環境仕様に適合したシリンダが使用され、保全面においても、それぞれの環境保全規則に従い対処する必要がある。また、この他にも低温・高温環境、粉塵環境および水滴飛散環境などといった汎用シリンダでは対処し難い環境も存在し、それぞれの環境に対し、適切なシール・グリースなどを用い、汎用シリンダに比べ優位性をもったシリンダが用意され、耐久性の面で貢献している。

(8) その他

機器を組合わせたシリンダにクッション付、スイッチ付、バルブ付およびワンタッチ継手付などがあり、省スペース化、保全し易さなどのメリットを有している。クッション付シリンダは、あまりにも汎用化されているので、シリンダとエアクッション（緩衝機構）が一体化していることによる省スペース化、保全上のメリットを有していることを認識することは稀である。スイッチ式シリンダに関しては、シリンダのピストンに埋め込んだ磁石の磁気を、シリンダチューブ上に設置したスイッチが感知し、通常ピストンがストローク端に在ることを認知するもので、クッション付シリンダ同様周知のことである。これも被駆動物の位置をリミットスイッチなどで検知するのが一般的であった当時としては画期的な変化であったと言えよう。最近では、オートスイッチの最適動作位置がランプの色（たとえば、赤、緑）によって把握でき、さらにその診断機能を具備したものも製品化されている。これによって、オートスイッチの位置が最適動作位置よりずれた場合、その出力信号をPLC側で確認できるため、シーケンス制御の中断といったような不具合を未然に防ぐことができる。また、空気圧シリンダなどの制御に利用される最近開発されたPLC関連機器の中には、カウンタ機能を用いたリレー動作回数のカウントや、時計機能を用いた動作時間の管理などをすることで、製品劣化寿命や注油など予防保全への対応が可能なものもある。

おわりに

空気圧シリンダを例にとり信頼性（保全性・耐久性・設計信頼性）中でも、保全性および耐久性に焦点を当てて概説した。近い将来、空気圧シリンダなどの機器の適応や周辺機器の発達により、状態監視保全の占める割合が増してきて、基本的には、ある意味でのメンテナンスフリーが実現するものと考えられる。また、場合によっては、時間計画保全が適する場面もあるが、いずれにしても、信頼性に関する手法も含めて検討し、装置あるいは機器に対して最適な保全方法を選択する必要がある。さらに、保全性と耐久性は一対をなしていて、製品の長寿命化、個体差低減の実現が保全し易さに結びついていることも忘れてはならない。

現在、油空圧機器の信頼性に関する事項を国際規格に導入しようとする動きがみられる。信頼性という問題の性質上、規格化に多少なりとも困難が伴うことが予想されるため、今のところ賛否両論あるようである。しかしながら、保全機能を具備した空気圧シリンダや予防保全を使用目的の１つとする制御機器などの出現に伴い、信頼性を重要視する動きは益々盛んになることは必須であり、ここにもう１つ、空気圧シリンダひいては油空圧機器の新たな方向性が見えてきたような気がする。

【筆者紹介】
山下良介
SMC㈱　技術本部　開発第２部　係長
〒300-2493　茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2
TEL：0297-52-7960　　FAX：0297-20-5004
E-mail：yoshisuke_yamashita@pa.smcjpn.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞
工学博士

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0303-01
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

シリンダの保全性、耐久性の動向

＝空気圧シリンダの使用に当たっての指針（耐久・保全を含めて）＝

太陽鉄工㈱　門　泰一

空気圧シリンダは、空気圧機器でありながら他の空気圧機器と使用状態が異なり、この使用方法の違いが耐久性、保全性に大きく影響を与えることであろう。

その違いとは、空気圧シリンダは機械、設備の運動要素の動力源として、その機械、設備の稼動部の一部として組み込まれており、荷重の反力がピストンロッドを経てシリンダ本体の取り付け部で支えられることである。

与えられた題目にシリンダの耐久性　保全性とあるが、一般に耐久性が良くなれば必然的にメンテナンスが楽になるが、耐久性は寿命に相関が有る性質、保全性とはメンテナンスのし易さに関係する性質と、これら性質は本質的に異なる性質のために、同時に説明するには非常に難しいように思う。また、シリンダは単に長く使用出来れば良いと言う物ではなく、経済性を考えた寿命が必要かと考える。この理由で、これら性質は分けて説明することにして見る。

1．シリンダの耐久性

シリンダの耐久性の結果は、大きく二つの現象に分けられる。一つは、シリンダの破壊、他の一つは磨耗による機能低下に到るまでの時間または距離である。

更に破壊の原因にはお互いに相関もあるが、三つに分ければ、内圧による圧力容器に相当する部分の破壊、と外部負荷が持つ大きな運動エネルギーが、ピストンロッドに作用してピストンロッドの停止時に大きな反力が発生しその作用を受けた箇所の破壊およびシリンダを機械装置に組み込んだ時芯ずれによる破壊がある。

1－1　シリンダの耐久性を損なう疲労破壊

1－1－1　シリンダ内部に発生する圧力による疲労破壊

この圧力容器に拘わるシリンダの部位に係わる制約は二つがある（設計条件）。

(1)　シリンダの使用圧力および大きさによって抵触する法規上の制約

①　5Mpa以上の圧縮機から空気を供給するか、1Mpa以上の圧力容器から空気を供給する空気圧シリンダには高圧ガス保安法が適用される。

②　高圧ガス保安法の適用外のシリンダで、圧力0.2Mpa以上、内容積0.04m^{3}以上または／および内径が200mm以上で長さが1000mm以上の胴を持つものは、厚生労働省令、ボイラーおよび圧力容器安全規則が適用される。

備考：高圧ガス取締法施行令の一部改正に伴う同令の運用解釈については、同法または㈳日本フルードパワー工業会規格“空気圧シリンダの選定及び指針”を参考。

(2)　疲労試験に拘わる規格適用の推奨

空気圧シリンダの使用に当たって安全を配慮した使用に対する注意事項を明記した規格ISO 4413（JIS B 8370　空気圧設計通則）があり、この規格の中で空気圧シリンダの受渡当事者は、シリンダ定格を取り決めて、その範囲内で使用する指導がある。シリンダ定格とは、シリンダメーカーが保証しなければならない、シリンダ内部に発生する圧力と発生回数、すなわち疲労強度試験条件の圧力と回数で表す条件である。

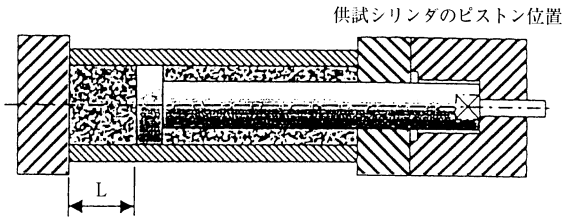
シリンダメーカーには、使用者側の実際に使用される条件（シリンダ内部の発生圧力、使用回数）は判らない。このため、シリンダメーカーは、試験すること

により、自社で責任を持てる内部発生圧力と圧力が作用する回数を試験によって保証し、使用者にその範囲で使用をして貰い安全を確保することが、目的である。

空気圧シリンダはまだ規格の適用を受けていないが、油圧シリンダはISO 1777-1“油圧機器の圧力容器に相当する部分の疲労試験方法”の適用を受けることになる。圧力容器に該当しない部分の疲労強度を同時に試験するためには、日本フルードパワー工業会規格JFPS 1014“油圧シリンダの選定及び使用の指針”付属書2“油圧シリンダ強度試験方法”がある。ISOの場では、空気圧シリンダにも疲労強度試験方法の規格化の要望は出ており、要望が通ればこの方法が適用されるであろう。

疲労試験の試験回数は10^7回、10^6回が一般的である。10^7回の試験は、疲労破壊を起こさないと考えられる試験回数でシリンダ本体の破壊に対しては半永久的耐久性を持つことになる。しかし、シリンダの場合、全てがこの耐久性を要求とするわけでなく、一日に一度の作動、またもっと作動頻度の少ない使用条件もある。この場合に、10^7回の疲労強度を持たす必要もなく、保証作動回数を落とした経済設計を行う方が、より効果的の場合があることも考慮に入れる必要がある。

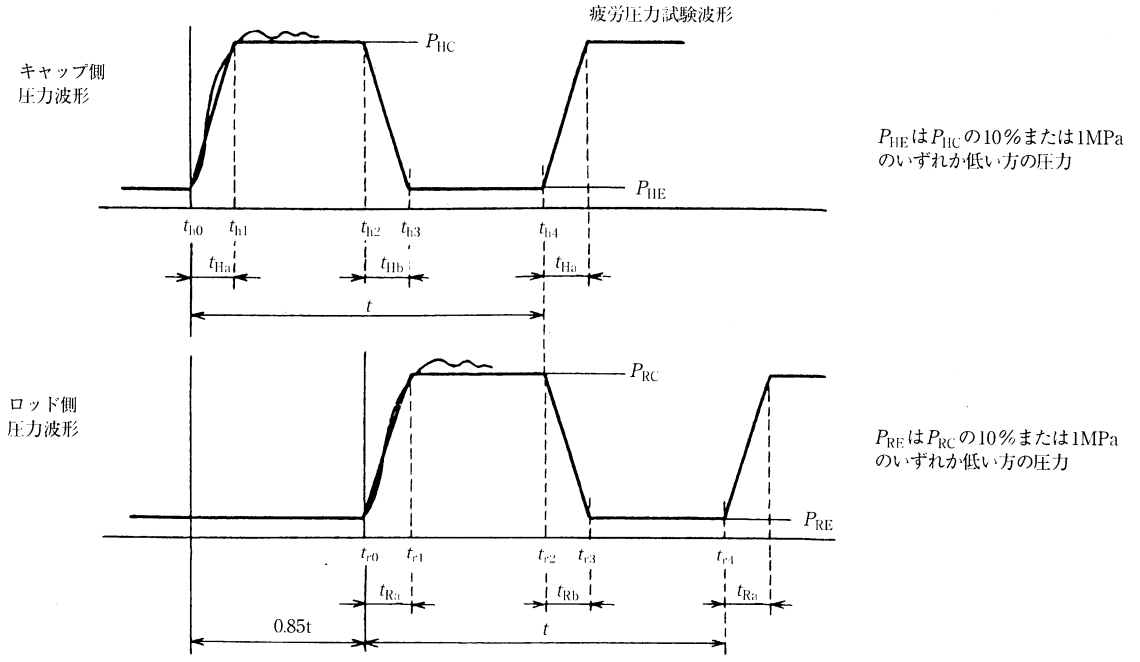
参考までにISO 10771-1に規定がある試験方法を示すと供試シリンダの試験時に固定するピストン位置（第1図）、シリンダの内部に発生させる圧力波形（第2図）　およびJFPS 1014の規定にある供試シリンダ用治具（第3図）である。



第1図　疲労試験を行う時の供試シリンダのピストン位置

1－1－2　ピストンロッドに発生する大きな慣性力によるシリンダの疲労破壊

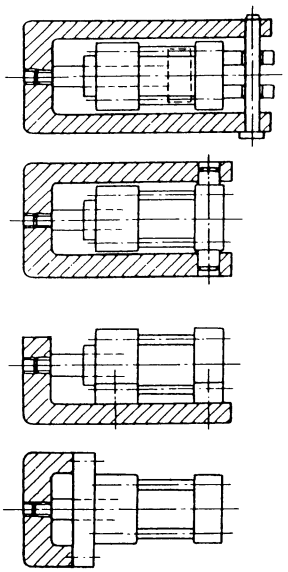
この現象もピストンロッドねじの疲労強度に係わる問題で耐久性を損なう大きな原因の一つである。この



$$(t_{Ha}+t_{Hb}) \leqq 0.3t \frac{(t_{h2}-t_{h0})}{(t_{h4}-t_{h2})}=1.1\sim0.9$$

$$(t_{Ra}+t_{Rb}) \leqq 0.3t \frac{(t_{r2}-t_{r0})}{(t_{r4}-t_{r2})}=1.1\sim0.9$$

第2図　疲労試験を行う時、シリンダ内部に発生させる圧力波形



備考：このジグは、疲労試験にも使用できる。

第3図　疲労試験を行う時のシリンダ用試験治具（破壊および疲労試験用ジグ構想図（参考））

現象を再現させる疲労試験は、その慣性力を発生させる機構装置の大きさから、経済的に実施は非常に困難である。このために、ある条件設定による安全性を考慮した計算と過去に事故が発生していない使用実績の条件を基にした許容慣性力の表を作成し、標準シリンダの使用に当たっての注意を促したのが旧JIS B 8368：1999に示されている第4図および第5図の負荷質量—速度線図である。

1－1－3　芯ずれによる疲労破壊

機械装置にシリンダを組み込む場合、芯ずれにより発生するこじれに依る曲げ応力が発生し、軸方向の応力に合成されて高い応力になり、この応力がシリンダの作動に依って繰り返して発生し、シリンダの一部に疲労破壊を発生さす。この現象もピストンロッドねじによく見られる。

1－2　シリンダの耐久性を損なう磨耗

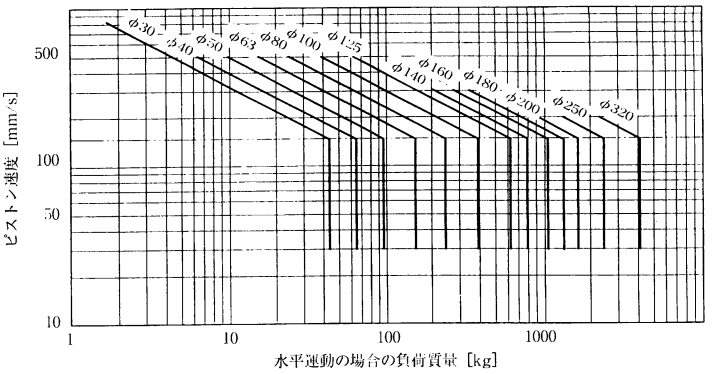
シリンダの異常は大半が、シリンダの一部の破損による作動不能、空気漏れ、異常作動あるいは異常音の発生に依って発見される。破損は1項で説明した原因による物が多く、空気漏れ、異常作動および異常音の発生は、シリンダのしゅう動部分の摩擦、磨耗による原因が大きい。

1－2－1　取り付けの芯ずれによるしゅう動部の異常磨耗および空気漏れ

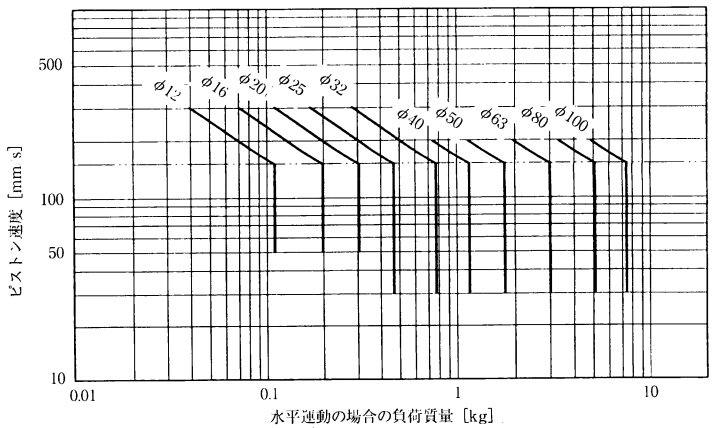
シリンダの芯ずれの取り付けは、ロッドブッシュ、ピストンのしゅう動部材に異常な高面圧が発生し、潤滑は破壊され異常磨耗を起こす。この異常磨耗による磨耗粉によってパッキンの磨耗を助長し、また軸受けの磨耗によりパッキンの緊迫力が減少し空気漏れが発生し耐久性を阻害する。この芯ずれの場合、シリンダの運転初期に異常音が発生したり、ステックスリップ現象が発生する。しゅう動部材の表面粗さが悪い場合には発生頻度は多くなる。

1－2－2　パッキンの正常磨耗による空気漏れ

特に説明をするまでもなく、シリンダの正常運転によって発生する磨耗に起因するもので、パッキン寿命、言い換えればパッキンの耐久性と言へる。しかし、こ



第4図　IPT-IおよびIPT-Dシリンダのクッションが許容する負荷質量－速度線図



備考　1．ピストン速度は、クッションに突入するときの速度。
2．垂直運動の場合は、第1図および第2図の負荷質量の1　2とする。

第5図　IPMおよびIPSシリンダのストローク端で許容する負荷質量－速度線図

の寿命もそのしゅう動速度、繰り返し頻度、圧力、潤滑の条件によって漏れ発生までの距離は異なる。

1－2－3　シリンダの磨耗が対象の耐久試験方法

シリンダの磨耗を対象にした耐久試験方法は、しゅう動部材（ロッドおよびピストン）に規定される荷重を加え、シリンダパッキンに作用する圧力は、実使用の場合にシリンダ内部に発生する圧力をかけ、必要するストロークで要求回数を運転し評価する方法である。

すなわち耐久性の保証は、上記の限定条件の基での磨耗試験と、1－1－2で述べた疲労強度試験を満足して初めてシリンダメーカーとしてこの範囲での保証と言うことになる。シリンダの耐久性は、これらの使用条件の変化に対して存外鈍感な商品ではあるが、使用条件が試験条件から悪い方に向かえば、必ず耐久性も悪くなる方向に働き決して良くはならない。

一般的に、標準シリンダの場合、シリンダメーカーが過去の経験を基に最大公約数で纏めた使用環境を基に試験条件を設定したもので、旧JIS B 8368：1999には次のように規定してある。

[試験条件]

(1)　試験に使用する空気の質

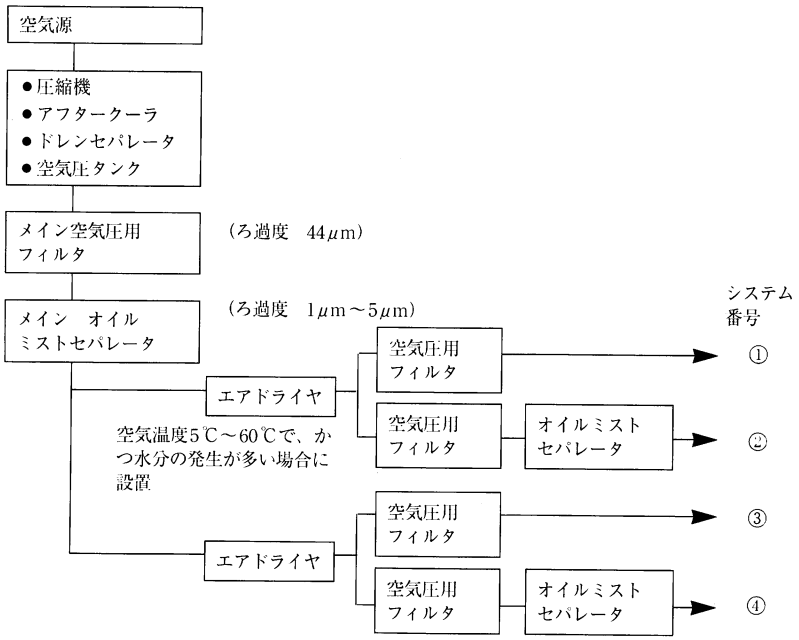
無給油シリンダの場合には、第6図に示す空気浄化システムのシステム番号③を使用する。給油シリンダの場合は、同じくシステム番号③を使用するが、この後に空気圧ルブリケーターを使用。

(2)　供試シリンダの大きさ

供試シリンダは必要内径を選択し、そのストロークは内径の2.5～3倍のストロークで行い、クッション附きとする。

(3)　シリンダに取り付ける“おもり”の質量

“おもり”の質量は、ピストンロッドの軸受け部に



備考　1．空気源は、40℃以下とする。
2．エアドライヤは、使用端で要求される湿度によって、到達露点（大気圧換算）が-10℃～30℃の場合は、冷凍式を、到達露点が-30℃を超える場合は、吸着式を用いる。
3．空気圧用フィルタは、JIS B 8371に規定の5μm、10μmおよび44μmのものとする。
4．システムは、次の表を参考に選択する。

システム番号	使用空気の温度範囲	システムの後ろに使用の給油装置	適用シリンダの例
①	5℃～60℃	あり	高頻度を含む一般的使用の給油シリンダ
①	5℃～60℃	なし	低頻度使用の無給油シリンダ
②	5℃～60℃	なし	低頻度使用の無給油シリンダで、排気汚染を嫌う
③	-5℃～60℃	なし	高頻度を含む一般的使用の無給油シリンダ
④	-5℃～60℃	なし	高頻度で油の排気汚染を嫌う場合

第6図　空気浄化システム

掛かる平均軸受け荷重（ストロークの伸びきった位置の時に発生する荷重と背理切った時に発生する荷重の平均値）がシリンダ力の1／20。

(4) 供試シリンダに発生する内圧

試験回路の減圧弁は0.7Mpaに設定し、シリンダの内圧は、0.5Mpaから低下してはいけない。

(5) 平均試験速度と試験距離

平均試験速度と試験距離は第1表による。

第1表 平均試験速度と試験距離

シリンダ内径 mm	平均 試験速度 mm/s	試験距離 km
8～16	600	300
20～32	800	500
40～100	500	1000
125～250	300	1000
320～500	200	800

[試験の結果]

耐久試験後シリンダは空気漏れ、その他異常があってはならない。

この耐久試験距離は、1日10,000分の3直稼動、サイクルタイム1分、12ヶ月の運転、通常よく使用されるストロークのシリンダで約3年間の稼動距離に近い。

勿論更に長い耐久距離を要求されるシリンダも使用条件によっては制作は不可能ではない、また小径のシリンダで僅かの漏れを許すのであれば、メタルシールの特種なシリンダで半永久的に使用できるシリンダも可能であろう。いずれにしても、耐久性はその使用条件との兼ね合いによって決定されるものであろう。

2．シリンダの保全性

ある自動車製造会社で本体の保証は10年、磨耗部品は最低1年のメンテナンスフリーの要求をお聞きしたことがある。勿論会社により、また使用部署によりその条件は異なるであろうが、耐久性についてこの様に部位によって分けた要望もあり、ここにメンテナンスのし易さ、保全性が問われることになる。

シリンダの保全性も二つに分けられる。

一つは、機械装置に取り付いているシリンダへの近付き安さと、他の一つはシリンダの部品交換のしやすいシリンダ構造である。

この保全上の注意事項は、JIS B 8370（ISO 4414）空気圧システム通則に詳細の注意事項が要求されており、参考にするのがよい。また、保全作業は安全作業が前提であることを念頭に置かなければならない。シリンダに関係する主要なものを取り上げれば次のようになる。

(1) シリンダの取り外しに係わる項目

① シリンダの取り外しに当たっては、他の機械装置、配管などを取り外すことなく、容易に作業ができる取り付けとする。

② 質量15kg以上の機器、部品には、つり上げの用意をほどこす。

③ 作業し易いスペースの確保

④ 監視上シリンダに安全に近づき易い取り付け位置

⑤ 取り付け、取り外し作業の場合、自重によるピストンロッドの飛び出し防止。

(2) メンテナンス性の良いシリンダ構造

① パッキン、磨耗部品の交換しやすい構造

② 国際規格に基づいて制作され、コード番号が決定している市販部品の使用（シールなど）。

以上がJIS B 8370 空気圧シテム通則の規定の中にある特にシリンダのメンテナンスに係わる記述である。

保全作業（メンテナンス）は絶えず危険との裏表の状態にあり、安全作業が絶対に必要である、JIS B 8370 空気圧シテム通則には更に次の安全作業に対する注意事項が示されているので最後に抜粋する。

(3) 保全作業に対する安全

① 15kgを超える重量物の運搬、つり上げに対する注意：シリンダだけでなく負荷など保安上吊り作業が必要とするところは、吊り金具の取り付け。

② 保守資料、運転資料の備え付けおよび熟読：イリンダに仕様記載の銘板の取り付け。

③ 機械、装置の表面温度に就いての注意：低温でも長時間の接触による低温火傷の心配があるため。

④ 単動シリンダの排出噴流の危険（有害物質の含有を含む）：大気圧に解放されているポートからの噴流の対策を必要とする。

⑤ 意図しない始動：空気漏れ、あるいは誤動作によるピストンロッドの意図しない作動。

以上がシリンダの保全性に関わる注意事項である。シリンダの保全性を上げることも耐久性と同様に機械、設備の稼動率を上昇させるためには重要なことであり、使用に当たって注意を払わなければならない項目である。

（筆者紹介はp.79参照）

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-15
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

ロータリアクチュエータの耐久性・保全性の動向

＝ハイロータの耐久性の向上と保全性＝

黒田精工㈱　石井　公男

はじめに

空気圧機器における駆動機器であるロータリアクチュエータは回転力の変換方法の種類により、①ベーン形、②ラックピニオン形、③レバー形、④スクリュー形などが開発されさまざまな産業で使用されている。ベーン形は空気圧により直接回転往復運動を行う構造であるが、その他はシリンダのピストンを内臓し、往復運動をそれぞれの機構で回転運動に変換している。

今回はベーン形ロータリアクチュエータであるハイロータ（写真１）についての耐久性の向上と保全性について簡単に紹介する。

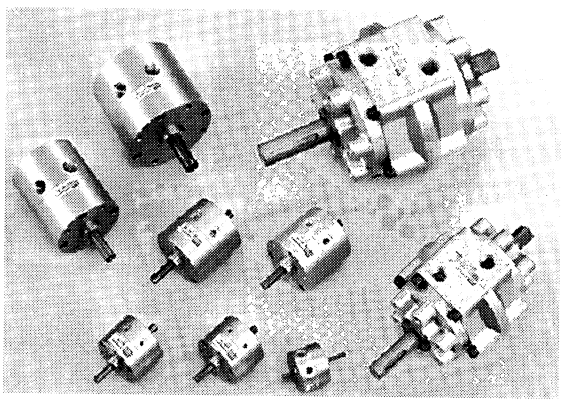


写真１　ハイロータPRNシリーズ

ハイロータは回転往復運動（揺動）をするもので、物体の移載、反転、仕分け、クランプなどに、またロボットの先端部と多岐にわたり使用されている。

このハイロータは、円筒型のケース内部に出力軸となるシャフトと一体となったベーンに空気圧を加え直接回転往復運動を得る構造となっている。

ベーン形構造は、回転往復への変換機構がなく、直接回転力を取り出すため、たとえばラックピニオン形などに比べて構造が簡単で、コンパクトであり、効率が高い。

ハイロータにはシングルベーン形とダブルベーン形があり、ダブルベーン形はシングルベーン形に比べて同じ大きさで２倍の出力（トルク）を得ることができる。

また、出力（トルク）の大きさにより、機種を選定することができるなどの特徴を有している。

１．ハイロータの種類

ハイロータは出力（トルク）の大きさにより９種類ありそれぞれシングルベーン、ダブルベーンを揃えている。第１表にそれぞれの実効トルクを示す。

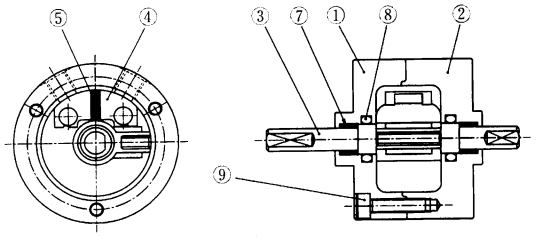
第１表　実効出力

（単位：N·cm）

形式番号		供給圧力（MPa）					
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
シングルベーン	PRNA1S	4.9	7.6	10.1	12.9	15.6	18.5
	PRNA3S	10	16	24	31	38	45
	PRNA10S	35	56	75	98	120	139
	PRNA20S	59	95	133	170	210	249
	PRN30S	110	180	250	319	410	480
	PRN50S	125	259	369	479	590	700
	PRN150S	550	850	1150	1500	1800	2100
	PRN300S	1050	1660	2250	2850	3450	4050
	PRN800S	3780	5910	8100	10200	12300	14400
ダブルベーン	PRNA1D	10.4	16.5	22.5	28.6	34.7	41.1
	PRNA3D	25	39	54	71	86	101
	PRNA10D	76	117	162	211	254	303
	PRNA20D	140	222	306	388	470	553
	PRN30D	270	440	660	770	950	1120
	PRN50D	330	579	829	1040	1280	1510
	PRN150D	1250	1900	2700	3500	4150	4800
	PRN300D	2550	3900	5400	6800	8300	9700
	PRN800D	7740	12000	16100	20600	24700	28800

2．構造

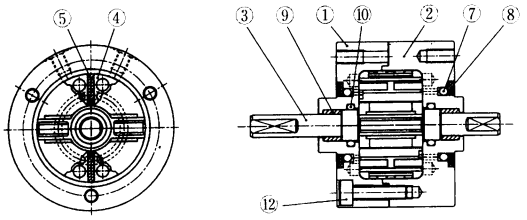
ハイロータには、シングルベーン（Sタイプ）とダブルベーン（Dタイプ）があり、構造を第1図および第2図に示す。



第1図　シングルベーン（Sタイプ）構造

第2表　シングルベーン（Sタイプ）の部品名称

部番	部品名称	部番	部品名称
①	ボディA	⑤	シューシール
②	ボディB	⑦	軸受
③	ベーンシャフト	⑧	Oリング
④	シュー	⑨	取付ボルト



第2図　ダブルベーン（Dタイプ）構造

第3表　シングルベーン（Sタイプ）の部品名称

部番	部品名称	部番	部品名称
①	ボディA	⑦	Oリング
②	ボディB	⑧	プレート
③	ベーンシャフト	⑨	軸受
④	シュー	⑩	Oリング
⑤	シューシール	⑫	取付ボルト

このように2分割されたボディ、受圧部となるベーンシャフト、ストッパとなるシュー、ベーンシャフトにはベーンシールが一体にモールドされ、シューにはシューシールが装着されている。特に摺動部のベーンシールは独自のシール構造を採用して摺動抵抗を少なくしている。

2．耐久性の向上

(1)　ハイロータの耐久性

ハイロータの耐久性は他の空気圧機器と同様に使用環境、使用条件に大きく左右されるため一概には述べることが難しいが、耐久性に影響を及ぼす項目としては以下である。

①　空気の内部漏れ

この内部漏れは摺動部にゴムを使用しているのでその摩耗によりシール力の低下が発生し内部漏れが多くなる。この内部漏れが多くなるとハイロータ内部の圧力が低くなり（圧力降下）作動不良の原因となる。

②　作動圧力

摺動部の潤滑にグリースを使用しており、その潤滑が不足してくると、摺動抵抗が大きくなり最低作動圧力が上昇する。この最低作動圧力が高くなると出力の低下となり、作動不良などの原因となる。

③　揺動角度

揺動端でのストッパはベーンとシューによりして機能している。この揺動角度が大きく変化するとベーン、シューの異常摩耗破壊などが考えられる。この揺動角度が大きく変化した場合、ハイロータの破壊、使用上の不具合など大きな問題となる。

以上のような内容にて、開発時の耐久試験ではこの項目をチェックしている。

(2)　PRNAシリーズの耐久性の向上

①　シールゴム材質にH-NBR（水素添加ニトリルゴム）を採用して、耐摩耗性を向上。

②　特殊グリースを採用して潤滑特性を向上

③　ベーン、シューにエンジニアリングプラスチックを採用。耐摩耗、強度を確保。

以上のような対応を行い、性能、耐久性の向上を実現した。

(3)　ハイロータの寿命

空気圧機器における寿命の判断は非常にむずかしい点がある。これは使用者側では不具合の現象が発生した時、たとえばエア漏れが発生して作動不良という現象が出た時に始めて寿命と判断されるので寿命については使用者により大きく異なっていると考えられる。ハイロータの場合も同様であるが、社内規格を制定して評価を行っている。耐久性の評価項目として前記(1)項の項目をチェックすることとしている。

PRNAシリーズではシングルベーンタイプ（Sタイプ：270°揺動仕様）で500万回、ダブルベーン（Dタイプ：90°揺動仕様）で800万回の作動でも内部漏

れ量はほとんど変化がなく、全く問題は発生しないことを確認している（弊社社内試験）。

今回採用したH-NBR（水素添加ニトリルゴム）は自動車産業では非常に多く使用されており、耐熱性、耐摩耗性に優れたNBR（ニトリルゴム）である。近年、さまざまな産業に広がってきている。

(4) その他耐久性向上の方法 ーハイドロクッションの使用

このハイドロクッションは油圧を利用し、揺動端の衝撃を緩和するクッション装置であり、ハイロータ専用のコンパクトな油圧式ショックアブソーバである。

揺動端での衝撃が大きいとシャフト折れなどの不具合が生じ、耐久性が落ちるのでこのハイドロクッションを使用して耐久性を向上させることができる。

なお、ハイドロクッションはストッパとしては使用できないので、ストッパが必要な場合には別に外部ストッパが必要になる。

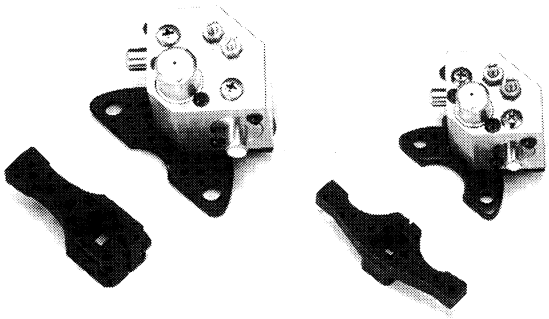


写真2　ハイドロクッション

3．保全性について

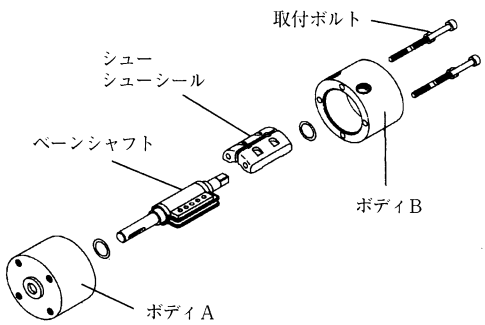
(1) ハイロータのメンテナンス

このハイロータは無給油使用を可能にしている。もちろん給油使用も可能であるが、給油した場合には給油を継続することが必要で、給油が切れるとハイロータ内部の潤滑油が洗い流されパッキンの異常摩耗が生じる危険性がある。したがって、給油する場合にはオイラの油の管理を日頃より行う必要がある。なお、使用する潤滑油は、必ずタービン油（ISOVG32）を使用のこと。マシン油やスピンドル油は絶対に使用しないこと。ゴムを膨潤させ作動不良を引き起こすので注意する必要がある。

(2) ベーンシャフト、シューの交換

ハイロータは非常に簡単な構造であり、ベーンシャフト、シューの交換が簡単に行える。

取り付けボルトを外し、ボディA、Bを分解するとベーンシャフトおよびシューが出てくるので部品の異常の有無を確認して交換の必要な部品を交換して取り付けボルトを締め付けるだけである。この時摺動部には添付されたグリースまたは、リチウム石けん基グリースを塗ることを忘れないことが重要である。



第3図　ハイロータの分解

(3) 保全管理

装置を順調に効率よく生産を継続するため、保全管理は重要となる。ここではハイロータだけではなく、空気圧機器全般の保全について述べる。なぜなら、空気圧機器全般を保守管理することで、ハイロータを含む機器のトラブルを未然に防止して機器（ハイロータ）の寿命を延ばすことができるからである。

① 日常の保守

日常の保守、点検は空気圧機器を使用するときにどうしても必要となってくる。おもにドレン管理と潤滑管理である。ドレン抜きは装置の稼動直前に行う。なお、夜間0℃以下になる場合は、ドレン抜きのバルブを作業終了時にあけておく。

潤滑油管理では滴下量は最適か、変色やゴミ、水の混入がないかなどの確認が必要である。

② 機器の空気漏れ

ハイロータでは内部漏れと外部漏れがある。内部漏れはベーン部より加圧ポートから反対のポートに漏れることである。この内部漏れは非加圧ポートの配管を外すことにより漏れを確認できる。

外部漏れはOリング部より加圧ポートから外部の環境に漏れることである。この点検は作業終了時、機械停止によって、工場内の騒音がなくなり、空気漏れを音で確認できる状態で行うのがよい。

③ 予防保全（計画保全）

予防保全とは使用中での故障を未然に防止し、使用可能状態に維持するために計画的に行なう保全である。近年では、故障による時間的ロスが問題となるケースが多く、この予防保全が注目されてきている。

装置の故障や寿命は使用条件、管理状態によって大きく影響を受ける。したがって、日常の整備や装置の管理は重要となる。

(1) 機器の再始動について

ハイロータのメンテナンス後の再始動は、場合によっては大きな事故をともなうこともあるので細心の注意が必要である。

① 継手をねじ込むときには、シール材が混入しないように注意する。また、配管時は、エアフラッシングを必ず行い、塵埃、切粉などを吹き飛ばしておくことが重要で、これらがハイロータ内部に入り込むと作動不良、漏れ不良などの原因となる。

② 再始動する場合には、周辺の安全を確かめて行うこと。また、ハイロータは最初スピードコントローラで速度を十分に遅くしておき、電磁弁のマニュアル操作で状況を確認し、問題がなければ、スピードコントローラのニードルを開けて所定の速度に設定する。

おわりに

空気圧機器は、あらゆる産業に使用されており、その顧客ニーズは多種多様にわたっている。そのような中で、空気圧機器にも耐久性の向上、メンテナンスフリー、信頼性の向上などが求められてきている。

しかしながら、コストも重要となっている。

また、リサイクルなど、環境問題にも取り組んでいく必要があり、扱いやすい商品が必要である。このような問題を解決しながら、顧客満足度を向上させ、今後の発展につなげていかなければならないであろう。

【筆者紹介】

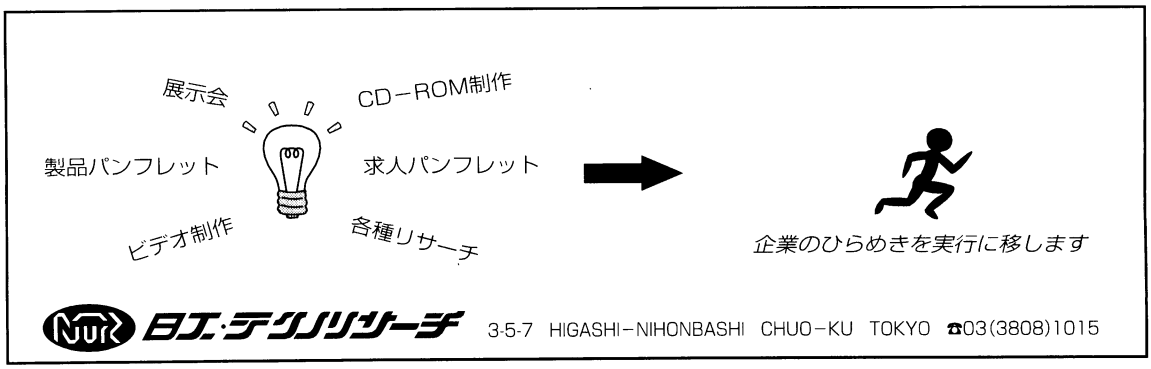
石井公男

黒田精工㈱　旭工場　技術課　副課長

〒289-2505　千葉県旭市鎌数10243

TEL：0479-62-3211　FAX：0479-64-1198

E-mail：kimio_ishii@kuroda-precision.co.jp



＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-08
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

ロータリアクチュエータの耐久性と保全性

SMC㈱　戸枝　純慈

はじめに

空気圧機器の揺動形モーターであるロータリアクチュエータの種類は、ベーン形、ラックピニオン形、ヨーク形、クランク形、スクリュウ形などがあり、今日では一般産業機械からIT産業に至るまで広く採用されており、ユーザの使い方も多岐にわたっている。

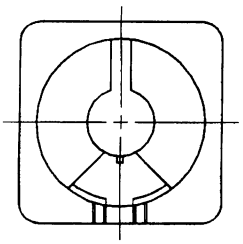
近年、電気モータのコンパクト化、低価格化が進んできている。空気圧機器のロータリアクチュエータは、電気モータと外観を比較した場合、高トルクが得られる。最も優位性があるものの1つとして、負荷条件が変更された場合においてもスピードコントローラの調整により、容易に適正な作動が得られ、ユーザの利便性は大きいと言えよう。

本稿では、ロータリアクチュエータの基本構造と保全性からの注意点を、当社の新製品紹介を交えて、今後の動向について考える。

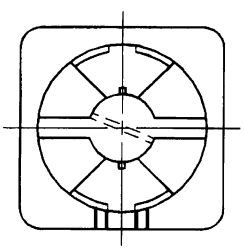
1．ロータリアクチュエータの構造

1－1　ベーン形

ベーン部に空気圧を直接受け、揺動運動に変換する構造である。ベーンの数は通常1～2枚が主流であり、揺動角度が異なっても製品外観寸法は同じである。コンパクトで発生トルクが大きいことから、スペース効率が良いと言える。



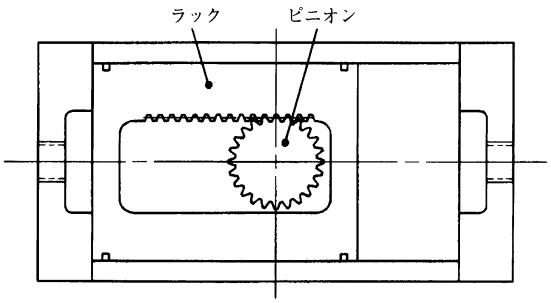
第1図　シングルベーン形



第2図　ダブルベーン形

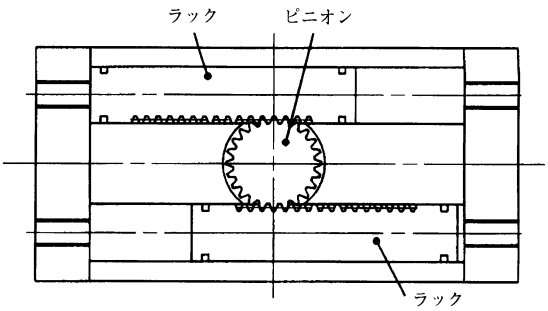
1－2　ラックピニオン形

ピストンの往復運動をラックピニオンにより、揺動運動に変換する構造である。空気圧を受けるシールパッキンは、直動シリンダーと同じ構造でシール性が良く、ベーン形に比べ低速作動向きである（第3図）。



第3図　シングルラック形

パラレルラック形（第4図）は、ピストンを2本使用し外観寸法の薄型化を可能とした上、構造上バックラッシの発生も防止している。



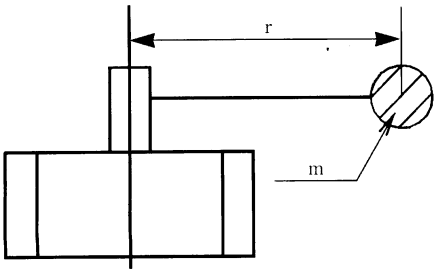
第4図　パラレルラック形

2．耐久性

ロータリアクチュエータの耐久性については市場の求めている寿命の定義が様々であり、一様に表すことは困難である。以下に挙げる項目について考慮することが重要と考える。

2－1　許容運動エネルギー

ロータリアクチュエータは、部品破損などを招くことのないよう予めカタログに『許容運動エネルギー値』が記載されている。負荷の運動エネルギーを求めには、慣性モーメントと揺動時間を考慮する必要がある。



第5図　慣性モーメント

一例として、第5図の場合の算出式を以下に示す。

$I = m \cdot r^2$

$E = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2 = 1/2 \cdot m \cdot r^2 \cdot \omega^2$

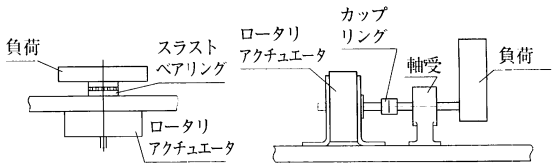
$\omega = 2\theta / t$

I　：慣性モーメント
E　：運動エネルギー
ω　：角速度
m　：質量
r　：回転半径
t　：揺動時間
θ　：揺動角度

運動エネルギーEは、角速度ωと質量mが一定の場合、回転半径rの自乗に比例して変化する。このため質量が同じでもrが大きい場合、慣性モーメントが大きくなる。その結果、運動エネルギーEが大きくなり、軸破損の事故などにつながる場合がある。このようにロータリアクチュエータで負荷を動かす場合は、とくに負荷の慣性モーメントに注意する必要がある。

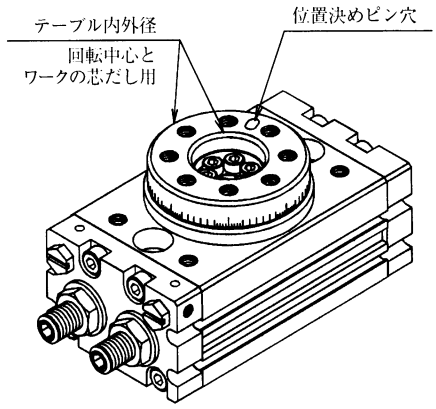
2－2　許容軸荷重

許容軸荷重は、カタログに記載されている機械的強度面の耐久性において、運動エネルギーと共に重要な項目である。作動状態をより良く保つためには、外部軸受とフレキシブルカップリングを設置することが必要である（第6図）。



第6図　外部軸受とフレキシブルカップリング

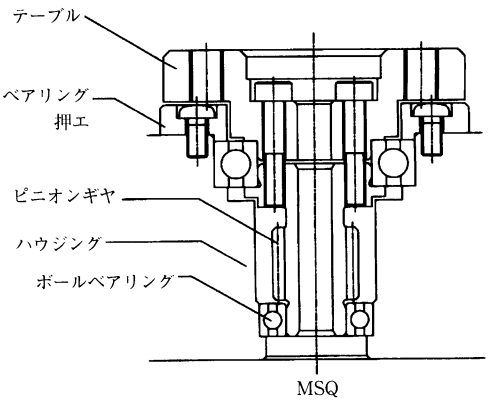
軸タイプと比較し、許容軸荷重の大きいロータリテーブル（MSQシリーズ（第7図））について紹介しておく。



第7図　MSQシリーズ

(1)　標準形

ロータリテーブル（MSQシリーズ）は、回転するテーブルの支持に軸タイプと比較して、大型の軸受を使用している。そのため、軸タイプに比べ数倍の許容軸荷重を有している。軸受の内輪をテーブルとピニオンで挟み込んで固定している（第8図）。

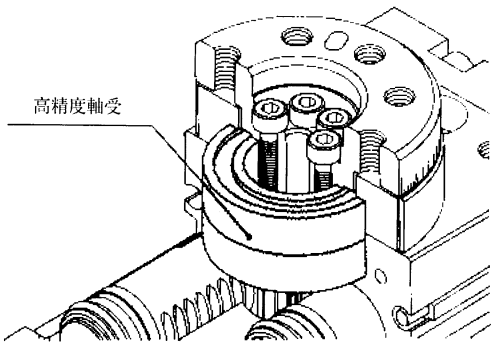


第8図　軸受部断面

テーブルの内外径が回転中心とワークの芯出し用のインローとして用いることができ、回転方向の位置決めピン穴も備えていることや、テーブル上面に8ヶ所のネジ穴を有しており、ボルトによる負荷の取付が容易に行える特長がある。これにより、負荷取付けにかかわる設計工数、組立工数および部品点数を削減し、さらに省スペース性や信頼性の向上といった特長を有している。

(2) 高精度・高剛性

ワークの重心点が、回転中心と異なる場合のモーメント荷重による、テーブルの変位量を少なく抑えたい使用方法では、組合せ形の軸受を使用した高精度型ロータリテーブル（MSQA：ラック形）を採用する必要がある（第9図）。



第9図　MSQA軸受部

2－3　速度調整

(1) スティック現象

スティック現象とは、作動がスムーズでない状態で息継ぎ現象とも言われる。

カタログ記載の速度調整可能範囲を超えてスピードコントローラのオリフィスを絞り、低速域で作動させるとスティック現象が発生し、作動不良を招きあたかもトルク不足の原因として扱われる場合がある。

通常アクチュエータは、スピードコントローラのオリフィス開度の調整により、給気および排気側の圧力差で作動する。すなわち低速域では、圧力差が小さくなって作動している。装置自体の抵抗変化および使用期間や作動回数によりロータリアクチュエータ内部の抵抗変化の影響を受けやすくなる。使用開始時に速度調整可能範囲の数値を超えて、スムーズに作動していたとしても、ごく早い時期に作動不良を招くことになるので、速度の設定には、充分な注意が必要である。

高速域での使用については、負荷の運動エネルギーを十分に考慮したうえで、揺動アクチュエータの許容運動エネルギー値以内で速度調整しなければならない。

一般に速度設定は、メータアウトのスピードコントローラを使用し速度制御する。

負荷の揺動方向が上昇、下降の場合の速度調整では、とくに下降時に調整困難になる。ラックピニオン形においては、負荷の荷重が常にギヤ部に掛かるため、負荷の水平揺動の場合に比べ摩耗する傾向にある。

摩耗対策では、負荷をバランス形状にすることによりある程度軽減できるが、より寿命を延ばすには、定期的なグリースアップ等のメンテナンスが効果的である。

(2) 作動停止

作動停止は、スティック現象と同様に、使用開始時に速度調整可能範囲の数値を超えて低速作動させていた場合や、内外部の抵抗変化が起因し発生することがある。特に、ベーン形のロータリアクチュエータにおいて、作動停止に至ることが見受けられる。その際は、スピードコントローラを再調整することにより、所定の作動を得られる場合がある。なお、初期の速度設定において速度調整可能範囲を超えて低速域で設定されている場合は、その効果が得られないケースが多いので、初期設定時から速度調整時間の範囲以内に収める必要がある。

3．外部緩衝装置（外部ストッパ）

負荷の運動エネルギーが、機器の許容エネルギーを上回るときや、揺動角度の精度が必要な場合は、揺動負荷の質点もしくは、ロータリアクチュエータから離れた個所に外部緩衝機構（外部ストッパ）を設けることが耐久性向上、停止精度の確保の点から必要である。

ミニロータリアクチュエータ（CRJシリーズ（写真1））は、製品寸法の増加を最小限に抑えながら外部ストッパ付を有し、基本形と比較し許容運動エネルギーの向上を実現している。

負荷が許容エネルギーを超え、外部ストッパに緩衝機能がない場合には、負荷側と反対の軸を利用して止める方法やロータリアクチュエータの揺動端での使用は避けなければならない（第10図）。

ショックアブソーバを使用する場合には、負荷の運動エネルギーに加え、ロータリアクチュエータの出力トルクによるドライブエネルギーも含めて選定する必要がある。アブソーバの位置によっては、ロータリア

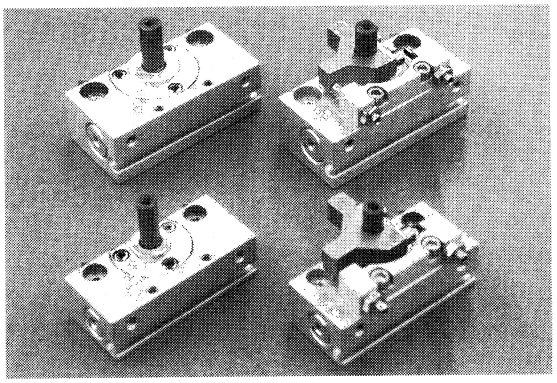
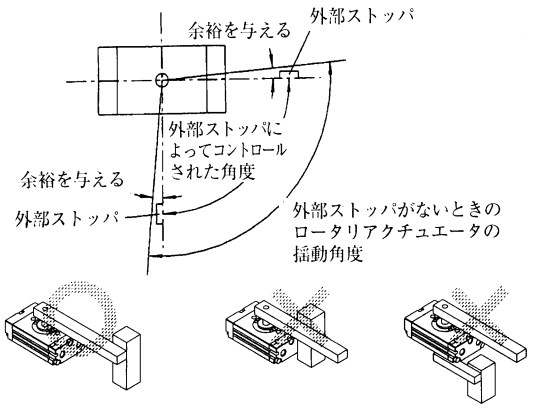


写真1　CRJ基本形、外部ストッパ付



第10図　外部緩衝装置

クチュエータの推力が過大に加わるので、アブソーバの最大許容推力を考慮する必要がある。

ロータリテーブル（MSQシリーズ（写真2））には、標準型のアジャストボルト付、内部アブソーバ付、外部アブソーバ付の3タイプから選ぶことができ、使用条件の違いによる許容運動エネルギーの増加に対応した選定をすることができる。

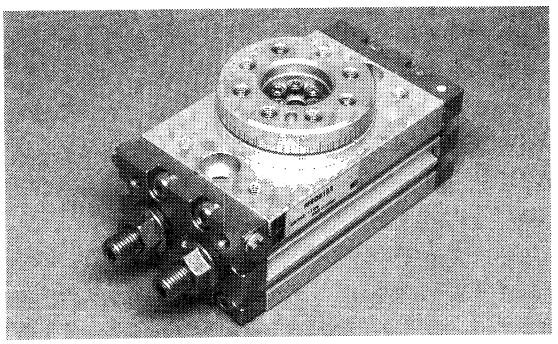


写真2　MSQ（アジャストボルト付）

内部アブソーバ付（写真3）は、角度調整用のアジャストボルトをショックアブソーバ（耐圧構造品）に置き換えた物であり、製品の外形寸法の増加を少なくとどめ、製品の許容運動エネルギーを向上させている。

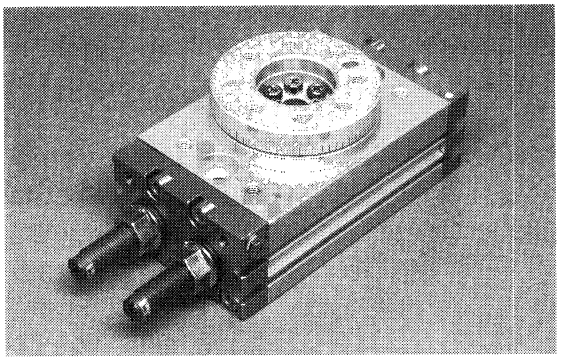


写真3　MSQ（アブソーバ付）

外部アブソーバ付（写真4）は、ショックアブソーバへの衝突物の速度が内部アブソーバ付より高くなるため、ショックアブソーバの能力を発揮しやすく、より大きな運動エネルギーを吸収させることが可能となっている。

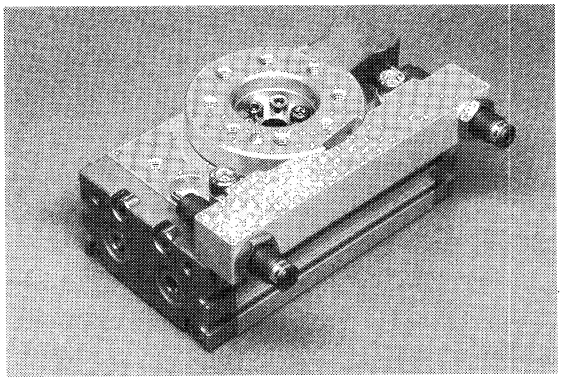


写真4　MSQ（外部アブソーバ付）

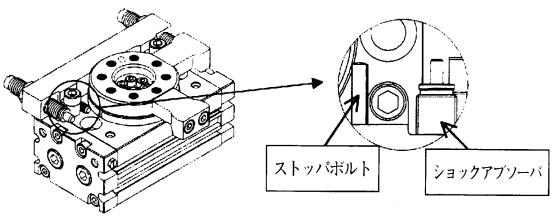
また、回転中心に近い所にショックアブソーバを設置した場合、偏角（ショックアブソーバのロッドと衝突面のなす角度）によるショックアブソーバ破損の恐れが生じる。弊社MSQシリーズでは、衝突物の接触面を円弧形状にすることにより、アブソーバのロッドに作用するラジアル荷重を抑制し破損を防止している。このため、直動シリンダ用で使用される突入角の制限巾が、極めて小さいアブソーバでも有効に使用できる。

内部アブソーバ付は、アジャストボルト付と異なる最低速度が設けられており、これを下回るとショックアブソーバのエネルギー吸収能力が著しく低下するので注意しなければならない。

外部アブソーバ付は、使用条件により低エネルギー用と高エネルギー用から選定できる。

なお、アブソーバ付の製品は、負荷の運動エネルギーを吸収することを目的としているため、負荷をスムーズに停止させる場合には、使用条件にあった適切なサイズのショックアブソーバを、製品外部に設置する必要がある。

近年、装置のタクトが早いので、ショックアブソーバが効きはじめてからの時間をできるだけ最小限にとどめるために、アブソーバ付に加え外部ストッパ（ネジ込み形の調整付（第11図））を求めるユーザにも対応可能としている。



第11図　MSQ（外部アブソーバ付＋外部ストパボルト付）

4．保全性

ロータリアクチュエータは、空気圧を受けるのに弾性体のシールパッキンを使用していることから、配管する場合は、パッキンの損傷を防ぐため事前に配管内をフラッシングして、ゴミなどが混入しないようにすることが必要である。また、空気圧回路には必ずエアフィルタを設け、ドレン、ゴミ等を除去すると言った基本事項が、守られていないケースを市場のフィードバック情報により伺い知ることができる。耐久性の向上としては、ユーザにおいて対策できるテーマであり、軽視できないと考える。

潤滑は、一般的に無給油仕様の製品が多く給油が不要になっている。通常は、粘性のあるグリースによりシールパッキンの潤滑が保てられおり、空気圧シリンダと同程度の耐久性を有していると考えられる。

保守点検については、

① アクチュエータ取付け用ボルトのゆるみ
② アクチュエータ取付けフレームのゆるみ
③ 作動状態がスムーズであるか
④ 外部漏れ
⑤ 内部漏れ（給気側から排気側への漏れ）
⑥ 揺動時間、サイクルタイムの変化

以上の箇所を点検し、異常を発見した場合は、増締め、または分離し、シールパッキンの交換やグリースアップ等のメンテナンスが必要である。ベーン形のロータリアクチェータについては、シール機構が複雑なので分解すると、所定の仕様を得ることができなくなる場合があるので注意する必要がある。

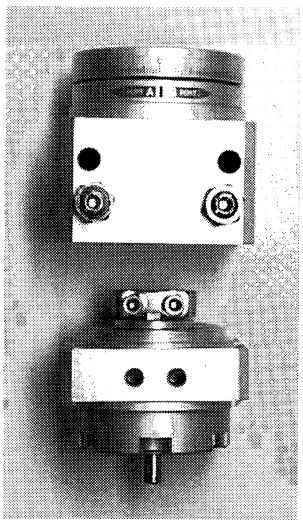


写真5　MSUA

ベーン形の高精度形ロータリテーブル（MSUAシリーズ（写真5））においては、テーブル部と駆動部が負荷を取付けた状態で分離することが可能であり、メンテナンス性の向上が図られている。

【筆者紹介】
戸枝純慈
SMC㈱　開発第4部
〒300-2493　茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2
TEL：0297-52-6664　　FAX：0297-20-5003

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0303-16
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

電磁弁の保全性の動向

㈱コガネイ　加藤　猛美

はじめに

近年、工場における自動化・省力化はかなり進んできている。その中で、電磁弁は自動化・省力化のために、組立作業工程や半導体製造工程などの至る所に使用されるようになってきた。

電磁弁の基本的な役割は、PCなどからの電気信号を空気圧に変換し、シリンダーなどのアクチュエータに確実にエアーを送るということである。

電磁弁は、各工程において自動化・省力化で、装置のスペース効率や環境問題などを考慮し、小形・低消費電力・省配線・省配管など、少しずつ機能を高め、小形高集積となってきた。

このように、生産工程における装置が複雑化していく中で、電磁弁の果たす役割もますます大きくなり、保全性についても強く求められるようになってきた。

保全性とは、文字通り安全を保つということで、装置の定期検査・交換時には、電磁弁が備えている機能・性能が大変重要になってくる。

そこで、保全性から電磁弁に求められることは、

- 故障がない
- 配線・配管・取り付けが容易
- 保守点検が容易

などが上げられる。

代表的な電磁弁およびマニホールド電磁弁の機能・構造および性能の技術革新から、弊社電磁弁の保全性の動向について述べる。

1．丸形直動電磁弁

1970年代前半において、円柱状の丸形直動電磁弁（写真1）が日本国内の空気圧用電磁弁の主流であった。有効断面積は2.5mm^{2}と少ないが、消費電力10Wのソレノイドで確実に弁を切り換えていた。しかし、配管ポートは側面部の四方にあるため、密接に並べると配管ができず、スペースが必要で作業性が悪かった。

写真1　丸形直動電磁弁

2．角形直動電磁弁

1970年代後半においても部品の加工技術から部品の信頼性より、部品点数が少なく堅牢な直動弁が主流であった。電磁弁本体は、丸形電磁弁がϕ42mmに対し幅27mm角と小形となり、配管口が前後に配置され、配線仕様は、DINコネクタが追加され、スペース効率と共に電磁弁の交換などの保全性が良くなった（写真2）。

写真2　角形直動電磁弁

3．間接作動形電磁弁

1980年代に入ると、各要素技術の向上により小形パイロット弁を使用した間接作動形電磁弁（写真3）が主流となった。

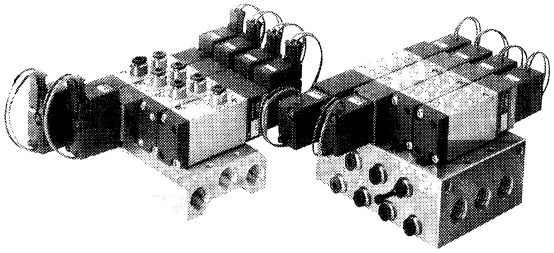
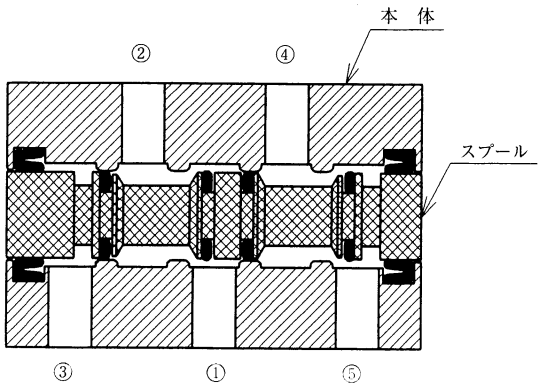


写真3　間接作動形電磁弁

同一有効断面積でみた時、電磁弁の体積の占める割合が格段に減った。消費電力も1.6Wで低消費電力となり、通電時にはLEDランプが点燈しPCの出力と配線のチェックが容易となった。配線仕様では、メンテナンス性よりプラグコネクタが主流となり、配管仕様においては本体やマニホールドにクイック継ぎ手が内蔵されたものが追加され、配管作業が容易となった。主弁のシート方式がポペットからスプールへ、またソレノイドが低Wとなったため、各部の耐久性が大幅に向上し、電磁弁の保全時期も減った。

弁のシート方式には、ソフトスプール方式とメタルスプール方式がある。

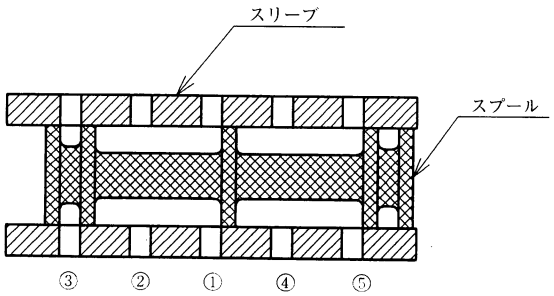
ソフトスプール方式（第1図）は、スプールと本体の間に弾性体（ゴム）を挟みシールするため、シール性と塵などの噛み込みに強いが、弾性体の耐久性からメタルスプール方式より耐久性が若干劣る。



第1図　ソフトスプール弁

メタルスプール方式（第2図）は、メタル対メタルでのシールのため、摺動部は微妙なギャップがあり若干のエアー漏れが発生するが、耐久性は良い。しかし、摺動部の油分の不足や、エアーに塵などが混入し噛み込みが起こり作動不良を起こし易い。

特に、半導体市場などでは工程でのエアーの質などが問われることから、ソフトスプール方式が大きな割合で使用されている。何れも、使用環境や装置の要求性能に合わせて使用する必要がある。



第2図　メタルスプール弁

4．プリント基板形マニホールド電磁弁

間接作動形電磁弁が発売されると間もなく、主に省配線を目的としたプリント基板形マニホールド電磁弁（写真4）が製品化された。

これは、標準的なマニホールドのデッドスペースと

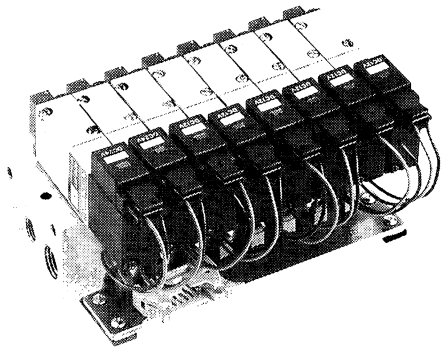


写真4　プリント基板形マニホールド電磁弁

なる側面にフラットケーブルコネクタをプリント基板上に配置し、ソレノイドからのリード線はそのプリント基板のパターンを経由し、配置されているプリント基板上のフラットケーブルコネクタに配線集合されたマニホールドで、装置組立て時のマニホールド上の誤配線を皆無にした。

プリント基板上で、配線パターンが露出するため塵などの発生する場所は注意が必要である。

5．プラグインマニホールド電磁弁

1980年代後半からは、マニホールド材質もアルミ金属から樹脂化が進み、複雑な構造も容易に作ることができるようになった。

マニホールドは、基本的に機能毎にモジュール化されており、主として電磁弁部、配線部、配管部の3種類のモジュールにより構成され、更に調質機器であるフィルタ、レギュレータ、圧力スイッチの他にエジェクタなどもモジュール化した。

特に、電磁弁部のモジュールには電磁弁からの端子がプラグインできるように接触端子が組み込まれており、各々の接続端子はマニホールドの端に取り付けられた1つの配線モジュールに配線集合されている。配線部は、カバーにより保護されている。

各モジュールは、増減が可能であり設計変更に柔軟に対応できる構造となっている。電磁弁の交換は、取り付けビス2本のみで可能となり、電気とエアーの接続が完了する。配線はスッキリとまとめ上げられ、PCとの接続もマニホールドの配線モジュールとワンタッチコネクタで簡単に接続ができ、配線工数と誤配線が軽減された。

マニホールド全体もDINレール金具で、装置に簡単に取り付けられる。

この頃より、マニホールドの省配線・省配管などの高機能化が徐々に進み、周辺機器も充実してきた。

このマニホールド電磁弁が製品化されると、市場から保全作業や使い勝手などについて多くの要求が出てきはじめた。

6．マニホールド周辺機器の充実

1990年代は、プラグインマニホールド電磁弁と同時に、省配線を目的とした周辺機器のケーブルアセンブリとシリアル伝送システムが充実した。ケーブルアセンブリは、PCなどの接続に使用されるもので重要な役割を果たし、更にシリアル伝送システムは、PCとマニホールドとのケーブルの簡素化に効果的である。先ず、第3図に、ケーブルアセンブリの接続例を示す。

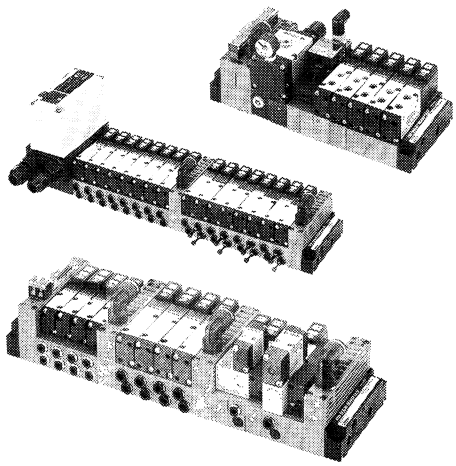
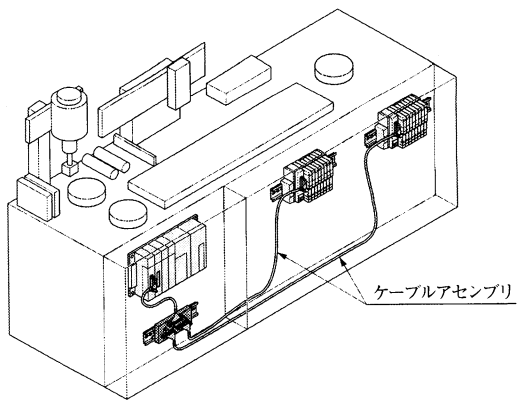


写真5　プラグインマニホールド電磁弁

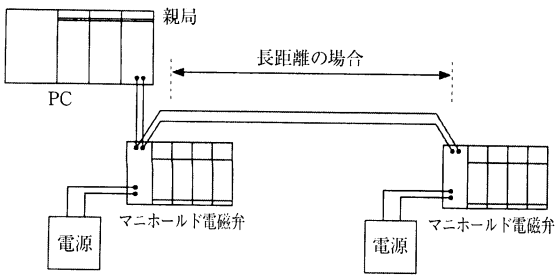


第3図　ケーブルアセンブリ

接続にあたり注意すべき点は、ケーブルアセンブリの長さである。これは、通常の配線においても注意すべき点だが、ケーブルもしくはリード線には電気抵抗があり、あまり長いケーブルだと電気抵抗が大きくなり電圧降下が生じ、ソレノイドに充分な電圧が供給できなくなる。

よって、装置のレイアウト時には注意が必要である。ケーブルアセンブリは、パラレル配線であるためマニホールドの数が比較的少ない場合、配線距離が10m以下の場合が効果的と言われており、安価である。

大量のマニホールドを接続し、配線距離が長い場合の配線方式として、シリアル伝送システム（第4図）がある。



第4図　シリアル伝送システム

シリアル伝送システムは、PCの親局とマニホールド上の子局の間を3本のリード線で接続し、マニホールド上の電磁弁を駆動させる画期的なシステムであるが、価格は若干高くなる。

7．多機能プラグインマニホールド電磁弁

1990年代中では、市場における要求仕様を全て取り入れた多機能プラグインマニホールド電磁弁（写真6）が製品化された。

今までのダブルソレノイドタイプの電磁弁は、ソレノイドが弁の両サイドに配置されていたが、このマニホールドの電磁弁はワンサイドに配置され、切り換えレバーによりシングルとダブルのソレノイド電磁弁に切り換わる機能を持っている。これにより、ユーザーにおいて保全時の定期交換に、2種類の電磁弁の在庫を持つ必要がなくなったのである（第5図）。

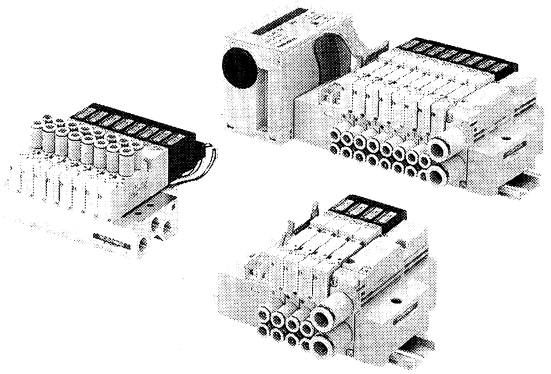
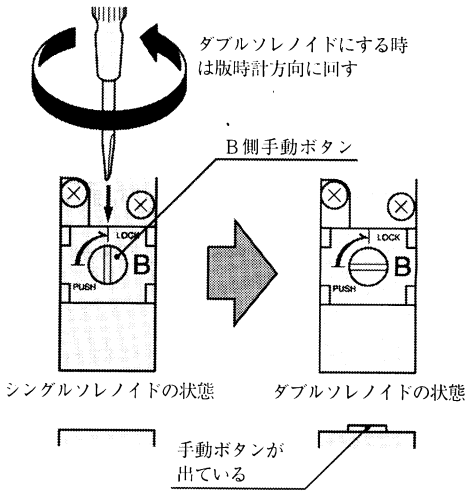
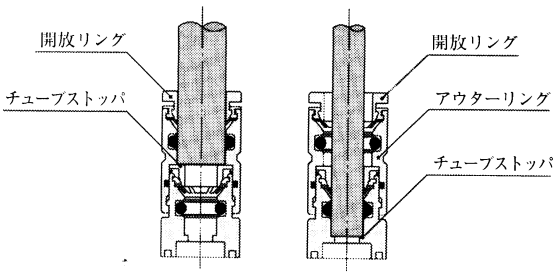


写真6　多機能プラグインマニホールド電磁弁



第5図　シングル・ダブル切り換え

また、通常の継ぎ手は1種類の継ぎ手に対し1種類のチューブ径に対応するが、1つの継ぎ手で2種類のチューブ径に対応できる継ぎ手を装着している。これも、在庫などの管理上の費用などを軽減できた（第6図）。



第6図　2種類チューブ径継ぎ手

この2つの機能は、これまでのマニホールド電磁弁にはなかった機能で、保全時には便利な機能である。

8．小形高機能マニホールド電磁弁

小形電磁弁市場では、10mm幅電磁弁が主流となってきている。省エネルギー化の活動が活発となりユーザーの使用条件も複雑となる中で1990年代に製品化されたシリーズでは対応しきれない部分が多くなってきた。

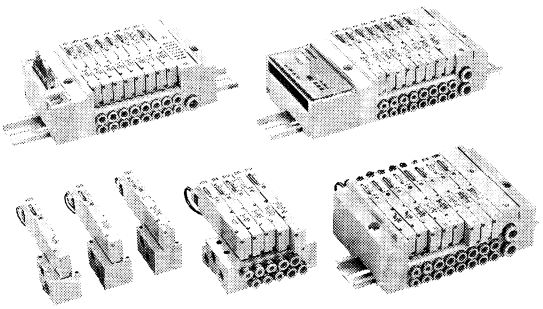


写真7　小形高機能マニホールド電磁弁

この状況において、小形高機能マニホールド電磁弁は次のコンセプトを基に開発された。

①　小形化、軽量化
②　省エネルギー化
③　使い易さ

特徴を述べる。

①　小形化、軽量化

多機能プラグインマニホールド電磁弁に比べ高さを20%、マニホールド容積を22～35%、マニホールド重量を21～26%それぞれ削減し省資源化を実現。

②　省エネルギー化

標準仕様で0.5W、低電流仕様で0.25Wをラインアップ。多機能プラグインマニホールド電磁弁に対し、標準仕様で72%の消費電力を削減し省エネルギー化を実現。

③　使い易さ

高さをおさえた設計でありながらマニホールド搭載形なので、メンテナンス性を確保。また、継ぎ手交換もストッパーピン方式により可能である。これらの機能は、定期検査・交換時に役立つものと言える。

以上、電磁弁の性能・機能の変化より保全性の動向を述べた。

9．今後について

電磁弁単体においては、メンテナンスフリー化のために尚一層の耐久性向上が求められ、配線仕様においては、シリアル伝送からブルートゥース化（無線制御）が進むであろう。

保全性＝使い易さということから、今後も電磁弁に対する要求は多種多様となり、メーカーとしてそれらに対応するべく、製品開発を迅速に進めなければならない。

【筆者紹介】

加藤猛美（昭和34年7月18日生・埼玉県出身）
㈱コガネイ　開発本部　空機開発部　主任技師
〒184-8533　東京都小金井市緑町3-11-28
TEL：042-383-7113　　FAX：03-383-7303
E-mail：katoh-tm@koganei.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞
電磁弁の開発。

株式会社コガネイ
＜代表者名＞　堤　康司（取締役社長）
＜本社住所＞
〒101-0032　東京都千代田区岩本町3-8-16
神田岩本町東証ビル5F
TEL：03-3863-6521　　FAX：03-3863-6503
URL：http://www.koganei.co.jp
＜資本金＞　6億4,200万円
＜従業員数＞　750名

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0305-04
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

FRLの保全性、耐久性の動向

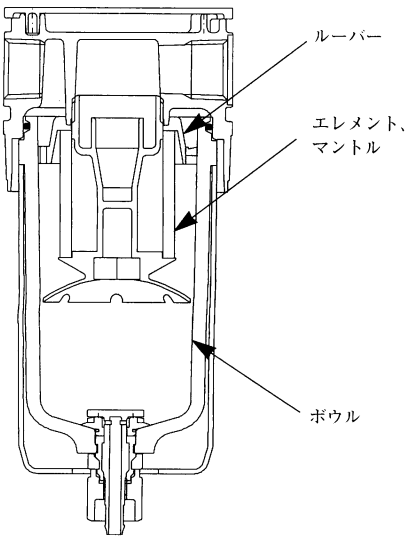
CKD㈱　國崎　雄嗣

はじめに

エアの調質および調圧を行うFRLは、バルブやシリンダに異物を噛み込ませないようにすることや、潤滑と二次側の機器の長寿命化になくてはならないものである。フィルタのエレメントの交換（エア中に入っているごみの度合による）や、ルブリケータの使用した分の油は給油する必要はあり、今回の特集のメンテナンスフリーとすることはできないため、寿命・保守メンテナンスの長期化に関する製品設計からのアプローチを紹介する。

1．フィルタ

フィルタのエレメントは、異物を捕獲するほど目詰まりを生じてくる。目詰まりにより圧力損失が大きくなるため、エレメントの交換は必要である。



第1図

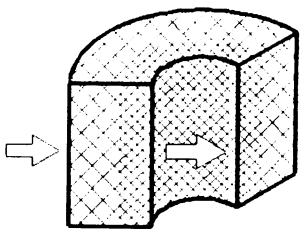
また、オイルミストフィルタの場合は、目詰まりによりマントルのろ過面積が狭くなるため、マントルを通過するエアの流速が早くなることとなる、最大流量以上流したのと同じこととなり、油分除去の効率が悪くなる。当社では圧力損失0.1MPa程度での交換を薦めている。

① エレメント色の変更

焼結金属からポリプロピレンに変更したことにより、エレメントが白色となり、エレメントの汚れ具合の視認性が向上し、交換時期がわかり易くなる。

② 2重エレメント（5μm用）

ろ過度の異なるろ材を二層にすることにより最終ろ過度の前にプレフィルタを入れたことと同等になり、エレメントの表面で5μm以下のものを全て取る一層構造より長寿命となる。



第2図

● 目詰まり寿命試験

＜条件＞

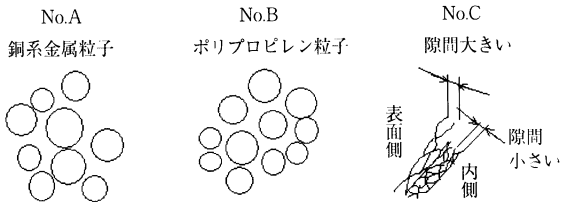
一次側エア圧力　：0.5MPa

供給エア流量　：1m^3/min（ANR）

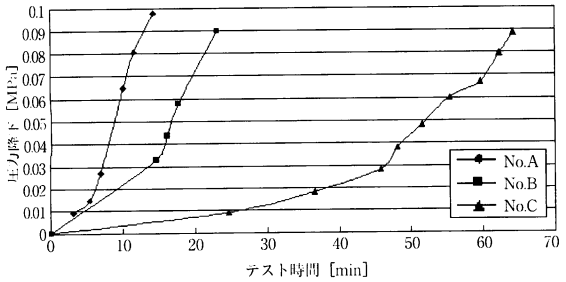
供給ダスト量　：JIS Z 8901　8種
1g/minをエア中供給

第1表　サンプル

No.	フィルタエレメントの材質
A	銅系金属粒子で成形した5μmエレメント
B	ポリプロピレン粒子で成形した5μmエレメント
C	ポリプロピレンと特殊繊維で溶着成形した5μmエレメントで、エレメントの表面は粗く、内面はメッシュが細かい構造。



第3図



第4図　寿命テスト結果

③　エレメントのろ過の違う種類で組み合わせる

細かいろ過度の前にプレフィルタとして目の粗いフィルタを入れることにより目詰まりによる交換の間隔を長くできる。

④　ルーバーの最適設計

ルーバーはエアを回転させ、サイクロン効果によりドレンや大きなダストをボウル内面に当てて、ボウルに貯める効果を持つ。ルーバーの最適設計を図ることで大きなダストを効率よくボウルに貯めることができるためエレメントの表面に達することを防ぐ。

ドレンをとることは、バルブやシリンダのグリースの流出を抑えることができる。ただし、ドレンの分離は水滴となったものをとるのみであり、水蒸気はとることができない。二次側でエアが断熱膨張しエアの温度が下がれば、水分の発生はすることとなる。その際はドライヤの設置をお勧めする。

⑤　金属のボウルを選定する

ボウル材質をアルミまたは亜鉛ダイカストに変えることにより、ポリカーボネイトに悪影響を及ぼす雰囲気中におけるボウル寿命を延ばす。

⑥　差圧計を取付ける

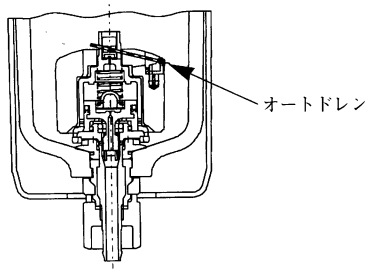
マントルの交換時期を差圧で判断する際に、差圧計の取付けを可能となるようにする。

⑦　ボウルの脱着の容易化

ワンプッシュで45°回せばボウルの取り外し可能とする。

⑧　ドレン抜きの自動化

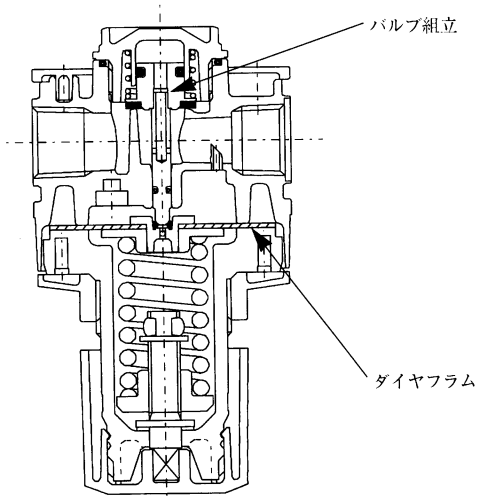
オートドレンを付けることにより、手動にてドレン排出をする手間が省くことが可能になる。



第5図

2．レギュレータ

エア質の向上で昨今は超乾燥エアの使用が多くなり、オゾンの発生や発生したオゾンがなかなか消滅しない状態となっている。これによりゴム材の劣化が起こり易くなってきている。ゴム材の劣化でオゾン劣化かどうかの判断として、応力に垂直方向に亀裂が入るという特徴がある。



第6図

● オゾン劣化試験
＜条件＞
試験方法：JIS K6259
サンプル：NBR

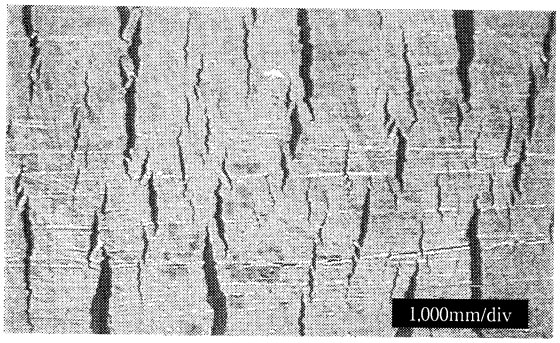


写真1

レギュレータで特に影響を受ける場所としては、弁シートとダイヤフラムである。この部位は応力の繰り返しでゴムの劣化が加速されている。また、超乾燥エアによりグリースの蒸発も促進される。

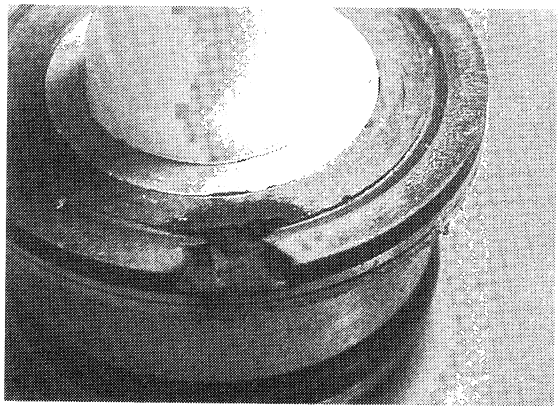
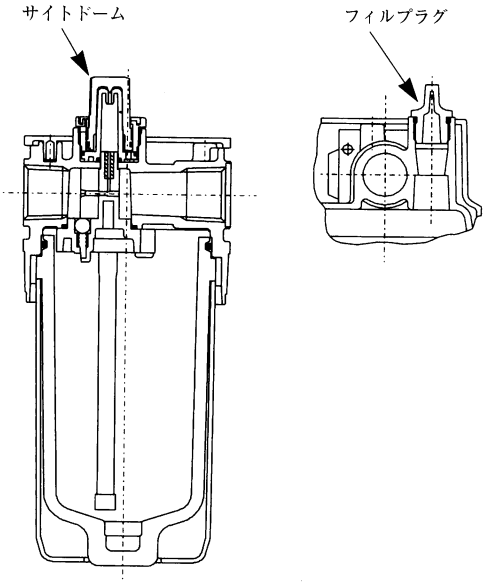


写真2　製品使用での劣化

① ゴム材質の変更
オゾン劣化しにくいH-NBRやFKMを用いることにより交換の間隔を長くする。
② 圧力スイッチ取付け可能タイプを使用する
設定圧力の集中管理ができる。
③ グリースをフッ素グリースに変更
流体通路部のグリースを蒸発量の少ないフッ素グリースに変更することにより、摺動部のグリース切れを起こりにくくする。

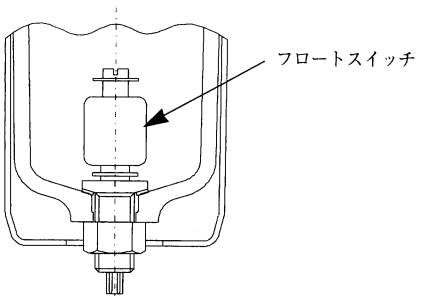
3．ルブリケータ

ルブリケータの保守としては、使用した油分は給油する必要である。下記のような機構を標準装備やオプションとして用意し、保守を容易に行うようにしている。但し、同時に複数のオプションは選択できない場合があるため注意が必要である。



第7図

① 油がなくなると信号を出す
フロートスイッチを内蔵し、信号を出すことにより集中管理が可能となる。

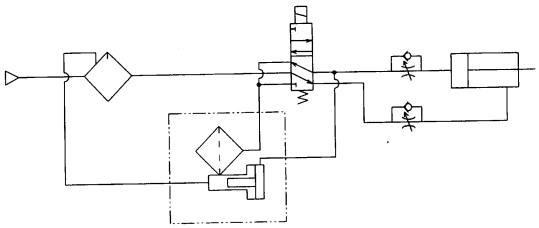


第8図

② 加圧下でも給油可能にする
フィルプラグにボウルの内圧のみを抜く機能をつける。エアの供給をストップさせる必要がなく、給油の作業性があがる。

③　排気エア中の油を回収し、再利用する

排気フィルタで回収した油をルブリケータに戻し、再利用することにより、給油の間隔を大幅に長くすることができるようにする。また、油の再利用をするため油のコスト削減や環境に関しても良くなる。



第9図

④　滴下の状態を全周から見ることが可能

定期保守時に確認しやすくする。

⑤　貯油量の大きいボウルを用意する

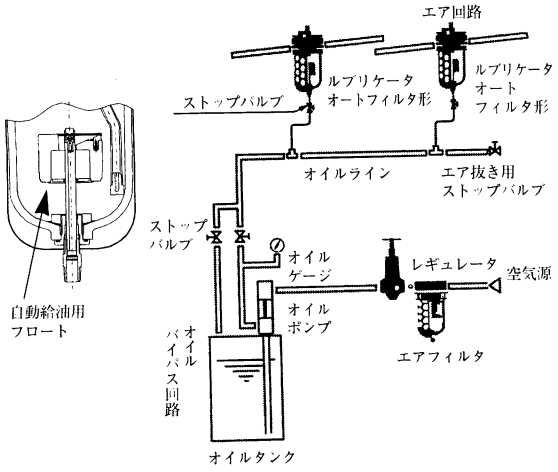
1回に給油できる量を多くし、給油の間隔を長くする。保守メンテの作業回数の削減になる。

⑥　自動給油

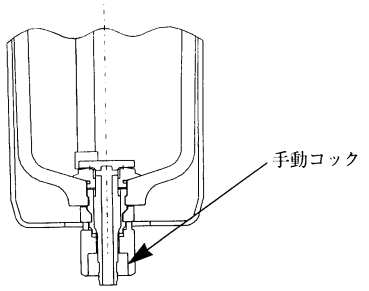
油が減るとフロートで感知し、オイルタンク（ボウル内圧より高く加圧）より給油する。オイルを貯めておく場所が1ヶ所にすることができる。

⑦　水抜き用の手動コックを付ける

ルブリケータにドレンが入り込む場合のため、水はボウルの下方に油と分離して貯まるため、コックによって排出させることにより水のみを抜くことができる。



第10図

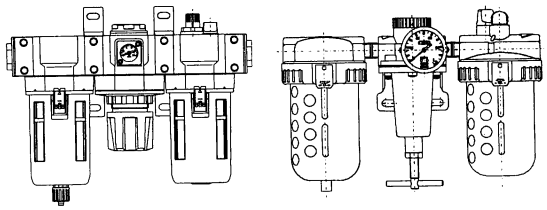


第11図

おわりに

配管する際、フラッシングは充分行うことを忘れないようにすること。フィルタをつけていても二次側で異物が発生するようでは、せっかくフィルタをつけていても意味がなくなってしまう。

製品全体を接続するFRLユニットに関して、モジュラー接続することで、レギュレータのみの製品交換の際、配管を外さなくても接続部を容易に外すことが、できようになっている。現在モジュラー接続が、主流となっている。



第12図

【筆者紹介】

國崎雄嗣

CKD㈱　春日井事業所　第2技術　第4グループ

〒486-8530　愛知県春日井市堀ノ内町850

TEL：0568-87-0585　　FAX：0568-81-6212

E-mail：y-kunizaki@ckd.co.jp

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-09
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

再生フィルタ“リフレッシュフィルタ”

＝地球環境にやさしい再生フィルタ＝

SMC㈱　遠藤　剛

はじめに

現代社会において、地球環境汚染という問題が日々深刻化してきており、各種産業界においては環境保護について様々な対応がなされている。

フィルタ分野においても近年、産業廃棄物となる使い捨てエレメントの削減等の対応に迫られており、再利用可能なエレメントが脚光を浴びている。

しかしながら、再利用するにはエレメント洗浄作業が発生しメンテナンスに掛かる手間や洗浄に使用された廃液処理など更なる問題も発生する。

このような背景の中で、長期間にわたってエレメント交換が必要なく、かつエレメントの洗浄が自動で行える再生フィルタは、環境保護、メンテナンス削減の点で非常に有効である。

本稿においては、産業廃棄物（使い捨てエレメント）が発生しない再生可能エレメントを使用した製品である“リフレッシュフィルタ”の紹介を兼ね、メンテナンスフリーの観点から再生フィルタとしての機能と使用方法、今後の課題について概説する（写真１）。

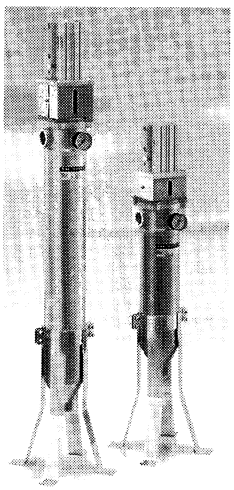


写真１　リフレッシュフィルタ（FN1シリーズ）

1.“リフレッシュフィルタ”の機能について

1－1　再生の原理

フィルタ（エレメント）は、ろ過を続けることで目詰まりを起こす。この状態になった際に、フィルタの２次側に溜めておいた流体を空気圧により逆流させエレメントに詰まったダストを洗い流し、ドレンとして排出させる（第１図、第２図）。

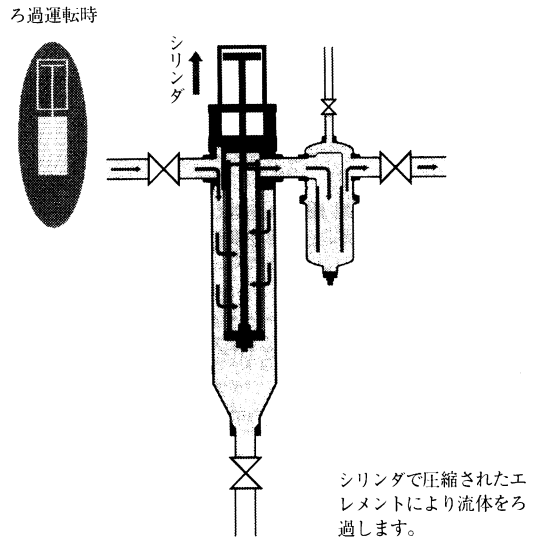
この逆流洗浄（逆洗）によりエレメントは性能を回復させることができ、再び運転中目詰まりを起こせば逆洗を繰り返し、性能を回復することでエレメント交換を不要としている。

なお、逆洗時の洗浄効果を高めるためにエレメントは、目（ろ孔）を拡げる事が自動的に可能な機構を持ち、目（ろ孔）が補足したダストをより効率的に排除できるようにしている。

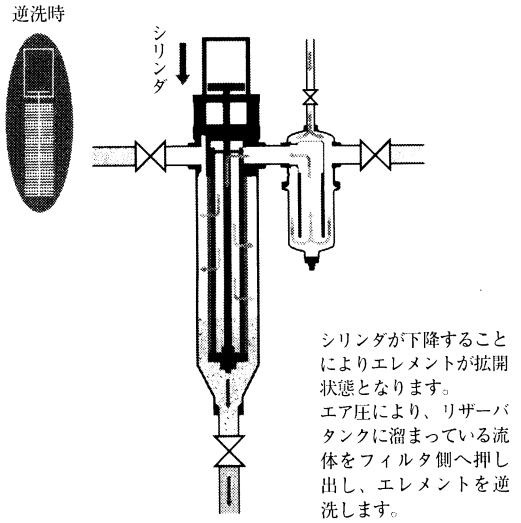
第３図に逆洗の繰返しによるエレメント性能（寿命）の回復傾向を示す。

ろ過によってエレメント差圧（圧力損失）が上昇し、やがて目詰まりを起こす。ここで逆洗を行うことでエレメント差圧は、ほぼ初期値に回復しエレメント性能（寿命）も、ほぼ初期と同様の値を繰り返す。

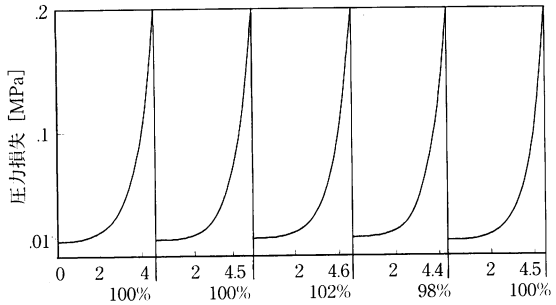
更にこれら一連の動作は、エレメントの目詰まりを感知させる差圧スイッチや自動操作バルブ等を組み合わせた回路を組むことで、エレメント自体をフィルタケースから取出すことなく洗浄（逆洗）ができ、自動逆洗システムとなる（第４図）。



第1図　再生原理（ろ過時）

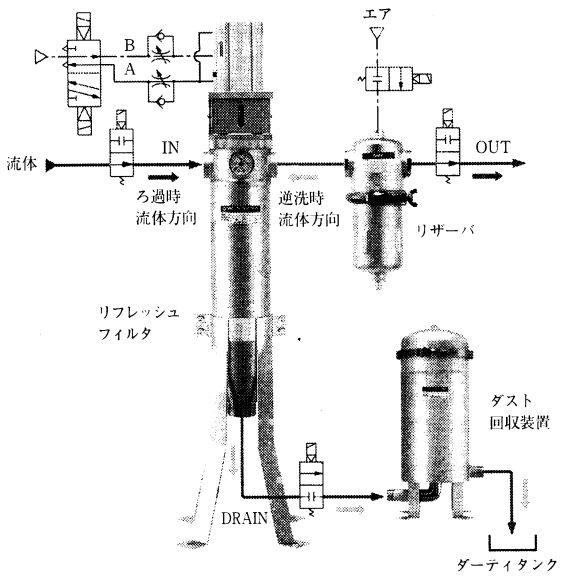


第2図　再生原理（逆洗時）



目詰り時間（min）下段（%）は、1回目の目詰り時間を100とした場合

第3図　繰返し特性

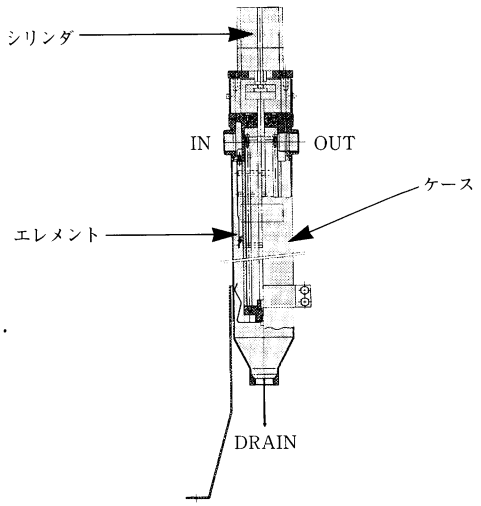


第4図　再生フィルタシステム

1－2　“リフレッシュフィルタ”の構造

構造は通常のフィルタと異なり、ケース、エレメントの他にエレメントの目を拡げるための可動機能を持つ構造となっている。

可動機能は、エレメントの目が拡がるようにろ過プレートとウェーブワッシャを組み合わせた弾性のあるエレメントとこれを圧縮（ろ過状態）、拡開（逆洗）させるエアシリンダを直結した構成により成立っている（第5図）。



第5図　リフレッシュフィルタ構造図

以下に主な機能部品について説明する。

(1) ろ過プレートとウェーブワッシャ

エレメントを形成している部品で、ろ過プレートは、リング状のプレート表面にろ過精度を維持するための溝が刻まれている。

ウェーブワッシャは、バネ性を持つろ過プレートと同寸法のリングになっており、双方を交互に積層することで弾性（目を拡げる機能）を持たせている（写真2、第6図）。

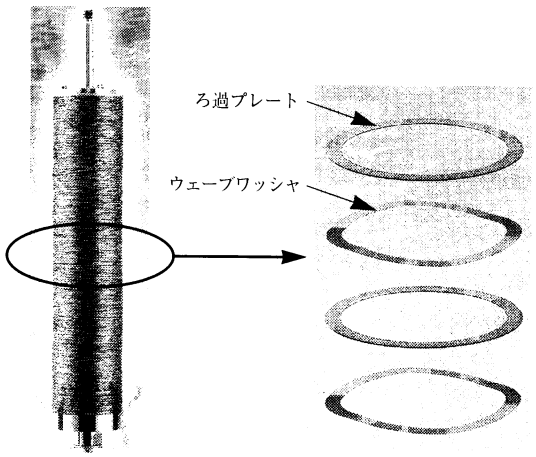
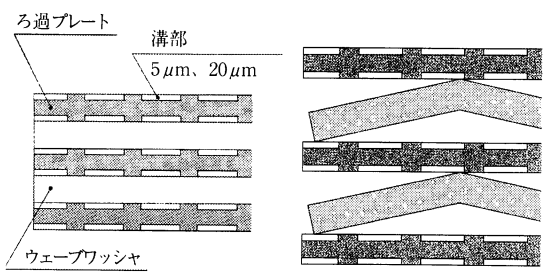


写真2　エレメント構成



(a) 圧縮時　　(b) 拡開時

第6図　エレメントの機能

(2) エアシリンダ

エレメントの圧縮（ろ過状態）、拡開（逆洗状態）を行うもので、エアシリンダにより圧縮された状態では、ろ過プレートの溝のみが流体の通過できる目（ろ孔）となり溝の深さに対応したろ過精度相当のダストを捕集する。

拡開された状態では、エアシリンダのストローク分が各プレート間で隙間（目開き）となり、プレート間に詰まったダストが容易に排除できる（第5図、第6図）。

なお、エアシリンダはエア供給が絶たれた場合でも圧縮（ろ過状態）を維持するようロック付きを採用している。

1－3　特長

従来使用されている使い捨てエレメントを使用したフィルタに比べ、再生フィルタには、次のような特長がある。

(1) エレメント交換不要

これまでにも述べてきたようにエレメントの逆洗が可能で、逆洗の自動化も容易であるためエレメント交換や、エレメントを取出しての洗浄が不要である。

(2) 産業廃棄物の発生がない

逆洗可能なエレメントを採用しているため、長期に渡ってエレメント交換を必要とせず、使用済みエレメントなどの産業廃棄物の発生がなく地球環境にやさしい。

(3) メンテナンスコストがほとんどない

エレメント交換不要のため、交換用エレメントに費やしていたコストが削減できる。

(4) 流体の流出がなく安全

従来のフィルタであれば、エレメント交換の際に少なからず外部への流体の流出があるが、再生フィルタではエレメント交換をしないため流体の流出がなく安全である。

(5) エレメントの再資源化が容易

使い捨てエレメントの多くは、数種類の材質の部材を組み合わせており、再資源化が困難であるが、再生フィルタのエレメントはステンレス材のみで構成されているため、エレメントの老朽化等により交換をした場合でも再資源化が容易である。

2.“リフレッシュフィルタ”の使用方法

ここで“リフレッシュフィルタ”特有の使用方法とメンテナンス性を中心に考えてみる。

2－1　使用方法

(1) システム

“リフレッシュフィルタ”を使用する場合、逆洗可能という特長を生かすためには第4図のようなシステム構成が必要となる。システムの概要は、「リフレッシュフィルタ」と逆洗用の液を溜めておく「リザーバ」、逆洗時のドレンを回収する「ダスト回収装置」からなる。これに、ろ過、逆洗を切り替えるための自動操作バルブ（1次側、2次側、ドレン側）、逆洗時の加圧用エア回路等が必要になる。逆洗は、差圧スイ

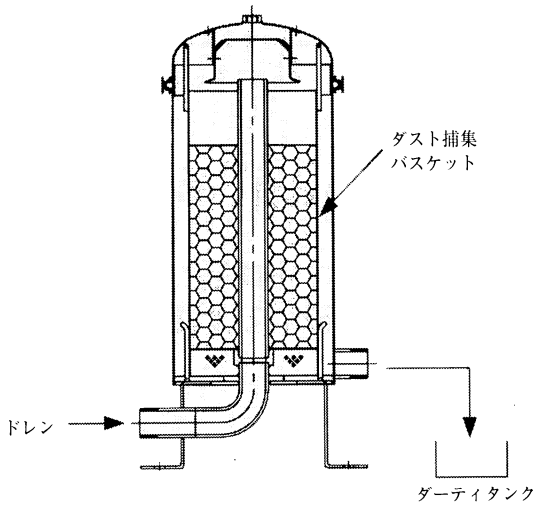
ッチ等で信号を出すことで自動逆洗を行わせることができる。

(2) 逆洗

逆洗にはオプションの“リザーバ”（ろ過液貯留タンク）を使用し、ろ過した流体自体を洗浄液として利用する。これにより、洗浄にろ過流体と異なる洗浄液を使用する必要はない。

(3) ダストの回収

第4図中の“ダスト回収装置”（オプション）を設けることでダストのみを回収することも可能である。従来のようにダストの付着したエレメントと違い分別回収の手助けとなる。この構造については第7図の通りである。



第7図　ダスト回収装置の構造

(4) “リフレッシュフィルタ”の選定

“リフレッシュフィルタ”がエレメント交換不要なことは事実であるが、いくつかの問題点も抱えている。その1つは、全ての流体に適合することは困難であるが、適合流体の中にもダストの種類、性状によっては逆洗が十分に行われない場合があることである。

この場合、徐々にエレメントにダストの付着が蓄積され、逆洗による性能の回復率が低下してしまう恐れがあるので選定時には十分注意したい。

(5) 用途

前述のように、“リフレッシュフィルタ”の最大の特長は、エレメント交換不要ということである。また、短時間で逆洗ができるため連続運転に適している。

このため、これまでエレメントの交換頻度の高かった設備や稼働率の高い設備などへの導入は、メンテナンス工数の削減におおいに寄与する。

さらに、接液部にはステンレス材を使用しているため、適合流体範囲が広く以下のようなところで使用されることが多い。

- 工作機械のクーラント液のろ過
- 各種洗浄液のろ過
- 工業用水、地下水などのろ過

2－2　メンテナンス性

(1) 従来のフィルタ

フィルタのメンテナンスについて考えた場合、メンテナンスといえる作業のほとんどは、エレメント交換であるといえる。

従来のフィルタであれば、まず設置装置の運転を止め、バルブを閉じ、フィルタ内の圧力を開放し、内部のドレンを排出し、ケースを開きエレメントを交換し、逆の手順で運転を再開するという単純ではあるが手間がかかり比較的汚れを伴う作業である。

(2) “リフレッシュフィルタ”

前項の特長の中にもエレメント交換不要であることは述べてきた。

エレメント交換不要であることは従来のフィルタと比べれば、メンテナンスフリーになったものと捉えることができるが、パッキンなどの劣化部品については定期交換など若干のメンテナンスが残る。なお、メンテナンスの回数は格段に減少するが、逆洗を可能にする特殊な構造を持つため、分解を要するメンテナンスには多少時間が掛かる。

ただ、長期使用の中でのメンテナンス回数や時間を見ればメンテナンス性の向上は著しいものと考えられる。

(3) “リフレッシュフィルタ”システム

システム全体のメンテナンス性を考えたとき、“リフレッシュフィルタ”のエレメント交換不要だけではメンテナンスフリーであるとは言えない。

現在の再生フィルタシステムにおいては、ダストの取出し“ダスト回収装置”が自動化されていないからである。

第7図で紹介している“ダスト回収装置”は、再生フィルタの逆洗によって排出されたドレンからダストのみを捕集し、流体は配管先のタンク等へ戻す構造になっている。数回から数十回の逆洗によって蓄積されたダストは、最終的には人手を頼り外部へ排出される。

従来のエレメントが目詰まりを起こしたらメンテナンスということから比べれば、メンテナンス性は向上しているが、更に改善したい点である。

ただし、逆洗によって排出されるドレンを廃液として扱うような場合には、メンテナンスフリーに近い状態でシステムを扱うことができる。

3.“リフレッシュフィルタ”の課題

先の使用方法、メンテナンス性でも掲げたが、より高いレベルでフィルタシステムのメンテナンスフリーを実現させるには次のような課題を解決していく必要がある。

① 最終的なダストを回収する装置の自動化
② 様々な流体に対応できるエレメントの製作

おわりに

以上に、“リフレッシュフィルタ”の構造原理、特長を紹介した。地球環境保護の見地より、今後は使い捨てエレメントを使用するフィルタの需要は縮小し、環境保護、メンテナンスフリーとを実現できる再生フィルタはあらゆる産業分野で必要な存在となり需要も更に拡大していくものと思われる。

それに伴い、高精度ろ過、大流量処理、小型化、軽量化、捕集ダストの自動排出など様々な市場要求も発生してくる。

現在の“リフレッシュフィルタ”では市場要求を満足できない点も少なからずあり、一層の高機能、高性能化が必要な製品でもあるが、環境保護、メンテナンスフリーを配慮した設備の構築等の一助となれば幸いである。

【筆者紹介】
遠藤　剛
SMC㈱　開発第6部
〒300-2493　茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2
TEL：0297-52-7190　　FAX：0297-20-5007
E-mail：g_endoh@pa.smcjpn.co.jp

本誌の複写利用について

日頃より本誌をご購読いただき誠にありがとうございます。
ご承知の通り、出版物の複写は著作権法の規定により原則として禁止されており、出版物を複写利用する場合は著作権者の許諾が必要とされています。当社は本誌の複写利用にかかる権利の許諾並びに複写使用料の徴収業務を㈱日本著作出版権管理システム（JCLS）に委託しております。JCLSは2002年4月1日より複写許諾と複写使用料徴収の業務を開始致しますので、同日以降本誌を複写利用される場合にはJCLSにご連絡の上、許諾を得て下さい。JCLSの連絡先は以下の通りです。

株式会社日本著作出版権管理システム（JCLS）
所在地　〒113-0033　東京都文京区本郷4-1-6　本郷416ビル8階
電　話　03-3817-5670　FAX　03-3815-8199　e-mail　info@jcls.co.jp

なお、著作権法は著作権者の許諾無しに複写できる場合として、個人的にまたは家庭内その他これに準ずる限られた範囲で使用すること、あるいは政令で定められた図書館等において著作物の一部（雑誌にあっては掲載されている個々の文献の半分以下）を一人について一部提供すること、等を定めています。これらの条件に当てはまる場合には原則として許諾は不要とされていますが、それ以外の場合、つまり企業内（政令で定められていない企業等の図書室、資料室等も含む）、研究施設内等で複写利用する場合や、図書館等で雑誌論文を文献単位で複写する場合についてはすべて許諾が必要です。
複写許諾手続の詳細についてはJCLSにお問い合わせ下さい。

日本工業出版株式会社
株式会社日本著作出版権管理システム

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-14
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

小形ハイロータ　PRNAシリーズ

黒田精工㈱　水野　義宣

はじめに

ベーン形のロータリアクチュエータは、空気圧式ロータリアクチュエータの中でも、ラックピニオン形と並んで最も多く利用されており、『ハイロータ』はベーン形ロータリアクチュエータの代表格として、その長年にわたる実績により広く親しまれている。ベーン形の特徴としては、構造が比較的簡単でコンパクトであり、シリンダの直線運動を回転運動に変換するラックピニオン形に比べ、高効率であることが挙げられる。

ここでは、ベーン形のロータリアクチュエータであり、グレードアップした小形ハイロータ『PRNAシリーズ』（写真１）を紹介する。

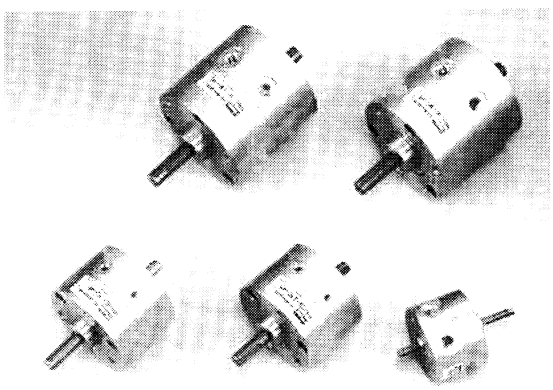
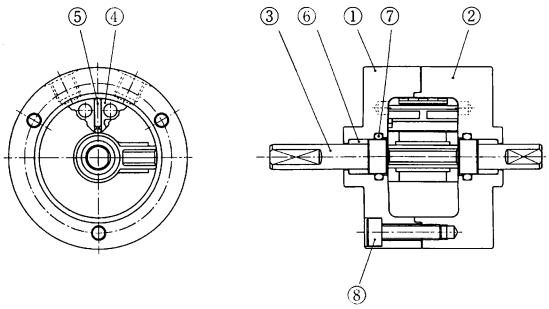


写真１　PRNAシリーズ



部番	部品名称	材質
①	ボディA	アルミニウム合金
②	ボディB	アルミニウム合金
③	ベーンシャフト	鉄鋼＋樹脂＋HNBR
④	シュー	樹脂
⑤	シューシール	HNBR
⑥	軸受	焼結含油材
⑦	Oリング	HNBR
⑧	取付けボルト	鉄鋼

第１図　シングルベーンタイプ構造

１．PRNAシリーズの特長

① ワイドバリエーション

シングルベーンタイプ（第１図）に揺動角度270度仕様を取り揃え、選択範囲がよりワイドになった。

② 高効率化

独自のシール構造により空気漏れを厳しく押さえながら、最低作動圧力は全ての機種で0.1MPaを実現すると共にシングルベーンタイプでは、従来比で最大約20％のトルクアップを達成した。

③ 低速作動性の向上

最長揺動時間は、従来品に比べて２倍となり、よりスムーズな作動を実現した。

④ 温度範囲の拡大

シール部のゴムにはHNBRを採用し、従来品に比べ、使用温度範囲を拡大した。

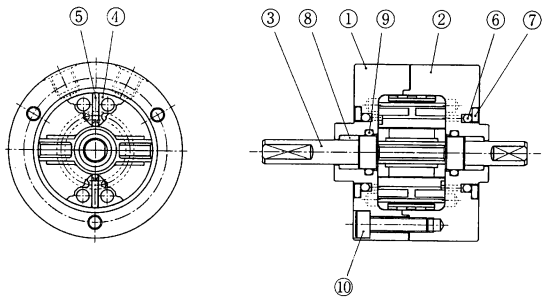
第1表　PRNAシリーズ製品仕様

型　式	単　位	PRNA1S	PRNA3S	PRNA10S	PRNA20S
ベーン形式		シングルベーン			
使用流体		無給油空気（給油も可）			
揺動角度	度	90、180、270			
実効トルク（0.5MPa時）	N¥cm	12.8	31	98	170
最低作動圧力	MPa	0.1			0.08
使用圧力範囲	MPa	0.2～0.7			0.2～1
周囲温度範囲	℃	-5～80（ただし、凍結防止のこと）			
揺動時間（0.5MPa時）	s／90°	0.03～0.6	0.04～0.8	0.045～0.9	0.05～1.0

型　式	単　位	PRNA1D	PRNA3D	PRNA10D	PRNA20D
ベーン形式		ダブルベーン			
使用流体		無給油空気（給油も可）			
揺動角度	度	90			
実効トルク（0.5MPa時）	N¥cm	27.9	71	211	388
最低作動圧力	MPa	0.08	0.07		0.06
使用圧力範囲	MPa	0.2～0.7			0.2～1
周囲温度範囲	℃	-5～80（ただし、凍結防止のこと）			
揺動時間（0.5MPa時）	s／90°	0.03～0.6	0.04～0.8	0.045～0.9	0.05～1.0

⑤　中空シャフト対応

ダブルベーンタイプ（第2図）は、新構造により、これまで不可能であった中空シャフトが可能となり、真空用途への対応が可能となった。



部番	部品名称	材質
①	ボディA	アルミニウム合金
②	ボディB	アルミニウム合金
③	ベーンシャフト	鉄鋼＋樹脂＋HNBR
④	シュー	樹脂
⑤	シューシール	HNBR
⑥	Oリング	HNBR
⑦	プレート	鉄鋼
⑧	軸受	焼結含油材
⑨	Oリング	HNBR
⑩	取付けボルト	鉄鋼

第2図　ダブルベーンタイプ構造

⑥　耐久性の向上

HNBRの採用により、大幅な耐久性の向上を達成した。

第1表にPRNAシリーズの主な製品仕様を示す。

2．シリーズ構成

小形ハイロータはPRNAシリーズを軸に様々な商品体系をもつので紹介する。

(1)　揺動角度可変形（PROAシリーズ）

PRNAシリーズに外部ストッパを取付けることで揺動角度を任意に設定できる。PROA3、PROA10およびPROA20の3つのサイズを取り揃えており、それぞれシングルベーンタイプとダブルベーンタイプがある。揺動角度は、30度～180度の間で任意に設定でき、微調整ねじを用いて角度の微調整も可能である。

(2)　電磁弁付（PRHAシリーズ）

PRNAシリーズに電磁弁を搭載したハイパルハイロータである。PRHA10およびPRHA20の2サイズを取り揃えており、それぞれシングルベーンタイプとダブルベーンタイプがある。

(3)　スイッチ付

ハイロータの揺動における角度位置検出のために以下の2種類のスイッチユニットを用意している。どちらも無接点スイッチであり長寿命である。

- SRスイッチユニット（検出位置固定形）
- FRスイッチユニット（検出位置可変形）

(4)　シャフト特殊形状

シャフトは、おねじ仕様、めねじ仕様等、様々な特殊形状に対応可能である。

（筆者紹介はp.79参照）

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-11
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

マグネット式スーパーロッドレスシリンダ

＝耐久性向上を目的に開発＝

CKD㈱　菅　正

はじめに

つい最近までの「物の豊かさ」「効率」「利便性」を求める価値観が大きく変化し、今や「地球環境との共存」をテーマに、企業も消費者も真剣に取り組まなければならない時代になった。また、各企業においては、自ら定めた環境方針のもと、継続的に環境への負荷を低減し環境保全活動を推進するためにISO14000環境マネージメントシステムを導入する企業が増えている。

空気圧機器はあらゆる産業機械、装置など市場に普及し利用されており、環境に配慮した製品づくりを求められている。こうした市場ニーズに対応して耐久性向上を目的に開発したマグネット式スーパーロッドレスシリンダMRL2、MRG2（写真1、写真2）シリーズを紹介する。

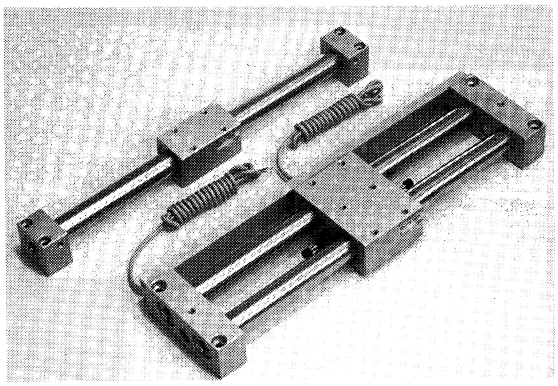


写真1　MRL2

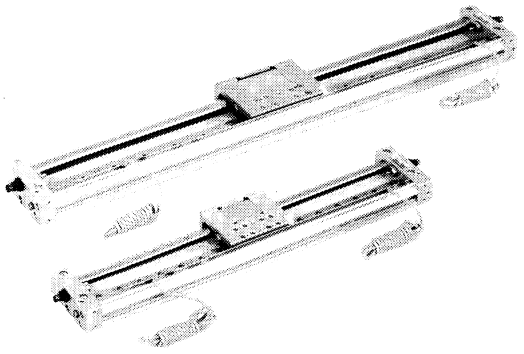


写真2　MRG2

1．開発の経緯

当社では、スライドテーブルの高さの低い薄形省スペース設計でダイレクト取付できるマグネット式ロッドレスシリンダを'90年から開発・販売をしているが、シリンダの「長寿命化」の要求に対応するため開発した。

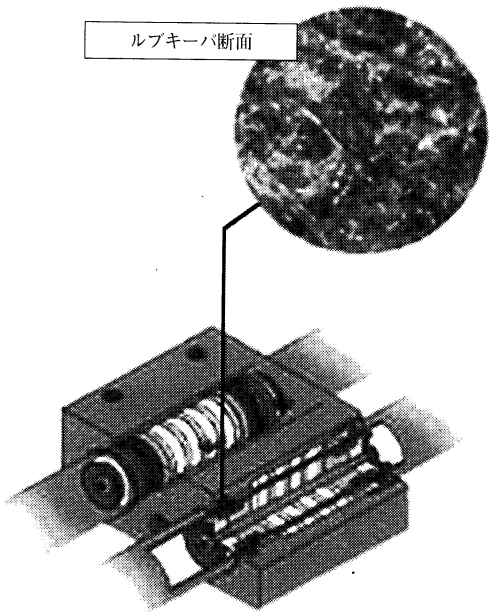
2．MRL2、MRG2シリーズの特徴

(1)　耐久性能が従来比2倍

新規潤滑機構『ルブキーパ』採用で寿命と作動の安定性が大幅に向上した。

『ルブキーパ』とは、グリースを含浸した繊維集合材で、ピストンやスライダの摺動部に装着することで潤滑剤供給機能（毛細管現象効果）により含浸グリースをムラなく安定的に摺動面に塗布でき、余剰分は吸収する機能をもつ。

また、ダストワイパ機能もありスライダ部に付着したダストの他、パッキン等の摩耗粉も繊維集合材内にからめとるため、摺動部の汚れを低減できる。



第1図

(2) 衝突音の低減・吸収能力UP

当社省スペース角形のスーパーコンパクトシリンダSSDシリーズなどに搭載し、すでに好評を得ている『ゴムエアクッション機構』を採用し、ストロークエンドでの衝突音を低減させ、工場環境を良化できる。

(3) 耐荷重性能向上

ガイド付ロッドレスシリンダMRG2シリーズは、マグネット式ロッドレスシリンダの側方にガイドを配置し、薄さを重視したシリンダであるが、特徴は薄さを維持しながら基本定格荷重の大きいガイドを搭載したことで、余裕のある耐荷重性能を得ることができ、耐久性能も向上させることができる。シリンダ部には先に述べた『ルブキーパ』を搭載している。

おわりに

以上述べてきたが、当社のマグネット式ロッドレスシリンダMRL2、MRG2シリーズは、今回紹介をしなかった簡易ガイド形（1ピストンタイプ）、推力が2倍の簡易ガイド形（2ピストンタイプ）などバリエーションも豊富であり、装置・設備の小形化を実現するとともに、シリンダの耐久性能向上による環境負荷低減に少なからず貢献できるものと考える。

【筆者紹介】
菅　正
CKD㈱　技術部　3G
〒480-0102　愛知県丹羽郡扶桑町大字高雄字南郷356
TEL：0587-93-1144　FAX：0587-93-1350
E-mail：tadashi-suga@ckd.co.jp

日本工業出版㈱インターネットホームページのお知らせ

当社では、インターネットのホームページを運営しております。
http://www.nikko-pb.co.jp/
月刊技術誌に加え更に広く情報受発信を行い、明日の技術に貢献してまいりたいと存じますので、是非一度アクセスしていただきます様お願い申し上げます。
また、合わせてe-mailによる、当社刊行物へのご意見ご要望もお待ちしております。
e-mail：info@nikko-pb.co.jp（本社）
e-mail：info-n@nikko-pb.co.jp（日本橋事務所）

日本工業出版㈱
インターネット係
TEL　03 (3944) 1181　FAX　03 (3944) 6826

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-10
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

モジュラー形FRLコンビネーション J08、18、28シリーズ

黒田精工㈱　出澤　大

はじめに

本稿は、空気圧システムの調質機器としてFRLコンビネーションが一般的に使用されている。新しく小型化・高性能・低価格・メンテナンス性・機械装置全体イメージを考慮して開発した、モジュラー形FRLコンビネーション　Jシリーズについて製品の紹介をする（写真1）。

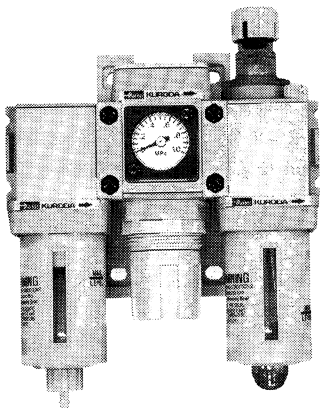


写真1　モジュラー形FRLコンビネーション　Jシリーズ

1．製品体系

(1)　コンビネーションの体系（写真2）

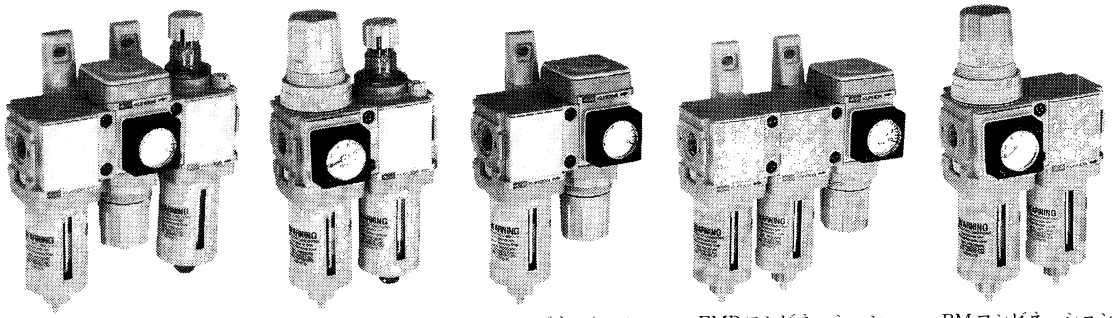
エアフィルタ・レギュレータ・ルブリケータの3点の組合せから、無給油システムに適合したエアフィルタ・レギュレータの組合せ、コアレッシングフィルタとの組合せなど、使用目的に合わせコンポーネントを組合わせたコンビネーションを豊富にシリーズ化した。J08、18、28シリーズ仕様を第1表～第3表に示す。

①　FRLコンビネーション：JCシリーズ
標準的なエアフィルタ、レギュレータ、ルブリケータの組合せ。

②　BLコンビネーション：JDシリーズ
フィルタレギュレータ、ルブリケータの組合せ。

③　FRコンビネーション：JFRシリーズ
無給油システム用のフィルタ、レギュレータの組合せ。

④　FMRコンビネーション：JFMRシリーズ
さらにクリーンエア供給用のエアフィルタ、コアレッシングフィルタ、レギュレータの組合せ。



FRLコンビネーション　BLコンビネーション　FRコンビネーション　FMRコンビネーション　BMコンビネーション

写真2　コンビネーション体系

第1表　J08シリーズの仕様

形式番号	単位	JF08	JM08	JR08	JL08	JB08	JV08
管接続口径		Rc 1／8、1／4					
圧力計接続口径		—	—	Rc 1／8	—	Rc 1／8	—
ろ過度	μm	5	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイプ：活性炭 (0.003ppm)	—	—	—	—
出口油分濃度	ppm w/w	—	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイプ：0.003	—	—	—	—
圧力調整範囲	MPa	—	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.01～0.21	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.01～0.21	—
最高使用圧力	MPa	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル：1.72		2.07	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル：1.72		1.03
周囲・流体温度範囲 (但し凍結なきこと)	℃	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル：-5～66		-5～66	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル：-5～66		-5～79
滴下最少流量	L/min(ANR)	—	—	–	20	–	–
ドレン貯容量	cm^3	12		–	–	12	–
オイル貯容量	cm^3	—	—	–	18	–	–
質量	kg	0.11	0.11	0.17	0.13	0.19	0.3

第2表　J18シリーズの仕様

形式番号	単位	JF18	JM18	JR18	JL18	JB18	JV18
管接続口径		Rc 1／4、3／8、1／2					
圧力計接続口径		—	—	Rc 1／4	—	Rc 1／4	—
ろ過度	μm	5	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイプ：活性炭 (0.003ppm)	—	—	5	—
出口油分濃度	ppm w/w	—	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイプ：0.003	—	—	—	—
圧力調整範囲	MPa	—	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.05～1.72	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.05～1.72	—
最高使用圧力	MPa	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル：1.72		2.07	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル：1.72		1.03
周囲・流体温度範囲 (但し凍結なきこと)	℃	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル：-5～66		-5～66	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル：-5～66		-5～79
滴下最少流量	L/min(ANR)	—	—	–	30	–	–
ドレン貯容量	cm^3	51		–	–	51	–
オイル貯容量	cm^3	—	—	–	121	–	–
質量	kg	0.28	0.32	0.41	0.31	0.53	0.34

⑤　BMコンビネーション：JBMシリーズ

コンパクトなクリーンエア供給用のフィルタレギュレータ、コアレッシングフィルタの組合せ。

(2)　コンポーネントの体系（写真3）

①　エアフィルタ（JFシリーズ）

②　コアレッシングフィルタ（JMシリーズ）

③　レギュレータ（JRシリーズ）

④　ルブリケータ（JLシリーズ）

⑤　フィルタレギュレータ（JBシリーズ）

⑥　ロックアウトバルブ(残圧排気弁)(JVシリーズ)

(3)　ポートサイズの体系

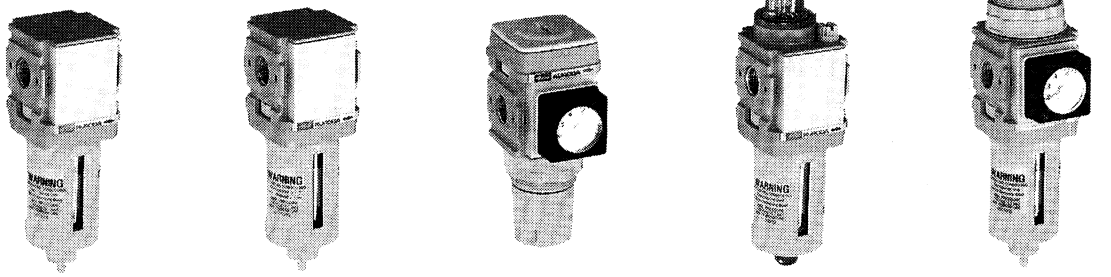
①　J08シリーズ：Rc 1／8、Rc 1／4

②　J18シリーズ：Rc 1／4、Rc 3／8、Rc 1／2

③　J28シリーズ：Rc 1／2、Rc 3／4

第3表　J28シリーズの仕様

形式番号	単位	JF28	JM28	JR28	JL28	JB28	JV28
管接続口径		Rc 1／2、3／4					
圧力計接続口径		—	—	Rc 1／4	—	Rc 1／4	—
ろ過度	μm	5	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイフ：活性炭 (0.003ppm)	—	—	5	—
出口油分濃度	ppm w/w	—	Bタイプ：0.5 Cタイプ：0.01 Dタイプ：0.003	—	—	—	—
圧力調整範囲	MPa	—	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.05～1.72	—	標準：0.03～0.86 低圧：0.02～0.41 微圧：0.05～1.72	—
最高使用圧力	MPa	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル　：1.72		2.07	プラスチックボウル：1.03 メタルボウル　：1.72		1.03
周囲・流体温度範囲 (但し凍結なきこと)	℃	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル　：-5～66		-5～66	プラスチックボウル：-5～52 メタルボウル　：-5～66		-5～79
滴下最少流量	L/min(ANR)	—	—	-	40	-	-
ドレン貯容量	cm^3	85		-	—	85	-
オイル貯容量	cm^3	—	—	-	181	-	-
質量	kg	0.46	0.5	0.62	0.47	0.85	0.41



エアフィルタ　コアレッシングフィルタ　レギュレータ　ルブリケータ　フィルタレギュレータ

写真3　コンポーネント体系

2．シリーズの特長

この新モジュラー形コンビネーションシリーズ全体の特長は次の通り。

(1)　省スペース

コンパクトなモジュール設計により装置組込みの際に重要なフットプリントの縮小に貢献する。

機器同士の接続にはジョイナー（連結部品）を使用し、コンパクトに使用用途に応じた自由な組合せが可能である（コンビネーション例（写真1参照））。

(2)　クリーンイメージカラーを採用

外装はカーム・ホワイトとグレーのツートンカラーを採用し、クリーンイメージを表現した。ポートサイズ1／4以上のサイズでは、調質機器では初めて採用した。

(3)　豊富なフィルトレーション

エアフィルタは5μmを標準装備し、コアレッシングフィルタは0.5μm、0.01μmおよび活性炭エレメントの3種類を用意した。フィルタのボウルはワンタッチ着脱可能でメンテナンス性に優れている。

(4)　軽量

ボディ材質にはアルミダイカストを採用し、外側のカバー部分は樹脂部品を採用し最大限の減量化を図った。

(5)　オゾン対策仕様

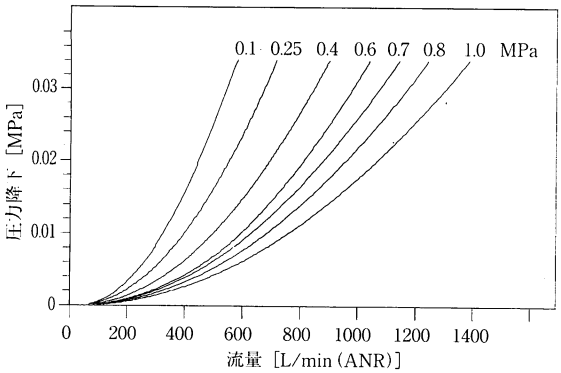
使用圧縮空気のクリーン化などにより問題となるオゾン対策はパッキン類をフッ素ゴム仕様にすることがすべてのシリーズに準備しており、使用目的により選択可能である。

3．コンポーネントの特長

各コンポーネントの特長は次の通り。

(1)　フィルタ：JFシリーズ（写真3）

5μmのフィルタエレメント、ポリカーボネート製のプラスチックボウル、マニュアルドレンを標準で装備している。プラスチックボウルはボウルガードと一体化されており、特別な工具を使用せずワンタッチ着脱が可能になっている。マニュアルドレンはバーブコネクタ付でドレン排出用のチューブ接続が可能である。さらに、オプションで1.72MPaまでの高圧で使用可能なメタルボウル・自動ドレン排出機構のオートドレンを用意した（流量特性は第1図参照）。

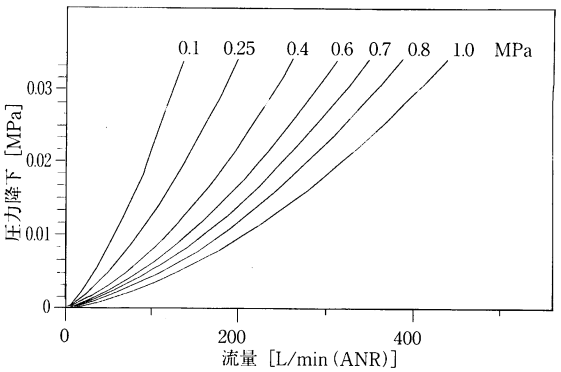


第1図　エアフィルタ　JF08の流量特性

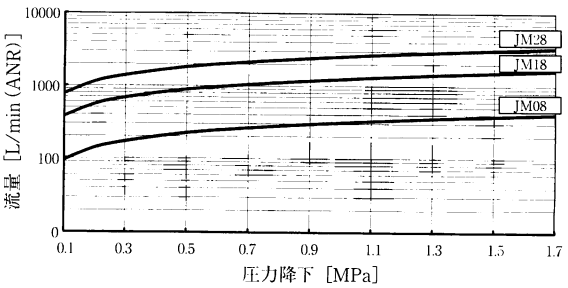
(2)　コアレッシングフィルターJMシリーズ（写真3）

油分除去の高性能フィルタで、0.01μmのエレメントを標準装備しており、オプションで0.5μmのエレメントも準備してある。また、コアレッシングフィルタでは除去できない蒸気状の油分や臭気除去用に活性炭フィルタを用意しており、油分濃度0.003ppmの空気が得られる。この活性炭フィルタは、0.01μmのコアレッシングフィルタと組合せて使用すると、さらにクリーンなエアが安定して得られる。

また、JM18、28シリーズは差圧インジケータを標準で装備しており、目詰まりによる交換時期を目視で確認することができる（流量特性・処理空気流量は第2図、第3図参照）。



第2図　コアレッシングフィルタ　JM08の流量特性



第3図　コアレッシングフィルタ　JM08、18、28の処理空気量

(3)　レギュレーターJRシリーズ（写真3）

標準仕様は、圧力調整範囲が0.03～0.86MPaとなっており、J08シリーズでは、0.02～0.41MPaの低圧タイプおよび0.01～0.21MPaの微圧タイプを、J18・28シリーズでは、0.02～0.41MPaの低圧タイプおよび0.05～1.72MPaの高圧タイプを用意しており、使用目的に合わせ選択することができる。また、調整ノブは大形で調整し易く、ワンプッシュでロックできる。

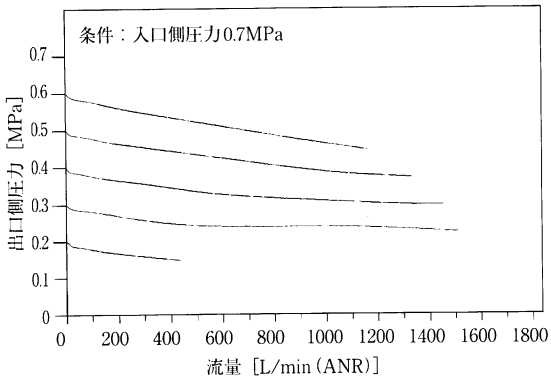
J08シリーズのレギュレータは小形の角形圧力計を標準装備しており、一層コンパクトになっている（流量・圧力特性は第4図、第5図参照）。

(4)　ルブリケーターJLシリーズ（写真3）

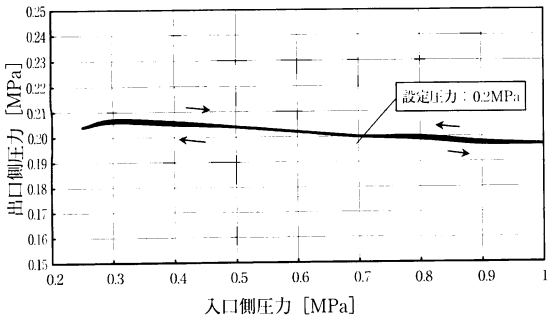
J08、18、28シリーズにオイル貯容量が18、121、181cm^{3}のプラスチックボウルを標準で装備しています。また、オプションで1.72MPaまで使用可能なメタルボウルを用意しており、高圧対応も可能である（流量特性は第6図参照）。

(5)　ロックアウトバルブ(残圧排気弁)
　　－JVシリーズ

ジョイナー（連結部品）を使用しFRLコンビネーションとコンパクトに接続が可能。作業終了時には空

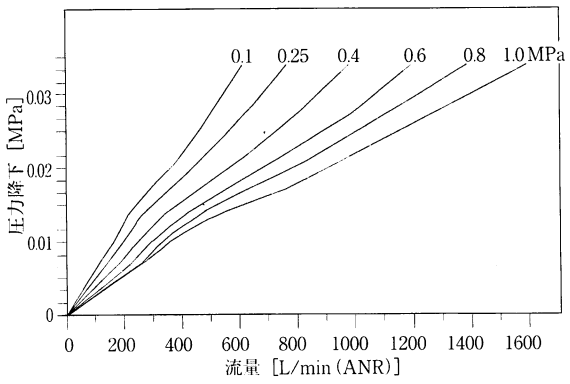


第4図　レギュレータ　JR08の流量特性



第5図　レギュレータ　JR08の圧力特性

気圧システム内の空気圧を排気することが必要。ロックアウトバルブ（残圧排気弁）を装着することにより、安全かつ容易にメンテナンスが可能である。



第6図　ルブリケータ　JL08の流量特性

おわりに

このモジュラー形FRLコンビネーションは、今後ユーザでの多様な要求にお応えし、当社のキューブシステムユニットで定評のある、組合せが自由自在なシステムユニットタイプのシリーズを製品化する予定です。

【筆者紹介】

出澤　大

黒田精工㈱　空気圧機器事業部　旭工場　技術課
技術2係
〒289-2505　千葉県旭市鎌数10243
TEL：0479-62-3211　　FAX：0479-64-1198
E-mail：masaru_dezawa@kuroda-precision.co.jp
URL：http://www.kuroda-precision.co.jp/

広告製品のカタログ等の資料は、本誌の「**カタログ・資料請求用紙**」でご請求下さい。

編集部では、到着した資料請求用紙を10日毎に処理し、広告主へお知らせします。
広告主より直接読者へその資料が送られますが、お急ぎの場合は直接広告主へご連絡下さい。

＜特集：メンテナンスフリーと空気圧機器＞

Y0304-16
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

総合タイプ真空発生器と圧力センサーの動向

＝耐久性、信頼性の製品評価について＝

㈱日本ピスコ　増沢　澄成

はじめに

真空発生器を始めその周辺機器の需要は半導体産業、自動車産業等の成長と共に増大している一方で、同時に様々な品質、環境に関するニーズが挙げられている。このような、多様化する市場のニーズにおいて要求される項目には、低コスト化は基より、機器の高速化、高精度化、小型・軽量化、省エネルギー化への要求と共に機器の信頼性、耐久性が要求されている。

当社の真空発生器は、この多様化されたニーズに答えるべく独自の付加価値を付与した製品がラインナップされている。ここでは最新商品の真空機器、圧力センサーの開発背景、製品概要と共に信頼性、耐久性について紹介する。

1．総合タイプ真空発生器

(1) 真空発生器VQシリーズ

真空発生器VQシリーズは、大口径ノズル（ノズル径φ1.5mm、φ2.0mm）仕様の総合タイプ真空発生器である。

真空発生器を使用するデメリットとして使用の際に生じる圧縮空気の消費流量が挙げられる。消費流量はノズル径が大口径になるに連れ大きくなるのは周知の

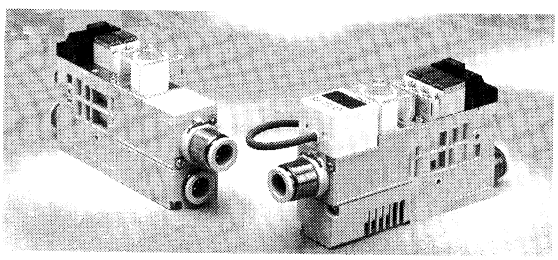


写真1　真空発生器VQ

ことであるが、その一方で吸込み流量もノズルが大口径になるに連れて大きくなる特徴がある。消費流量によっては真空発生器が得策かまたは、真空ポンプが得策かについても当然検討される。

真空発生器を使用する中でワークを吸着させるまではソレノイドバルブの応答性能と真空特性が重要になるが、吸着後の搬送工程においては真空回路内での漏れを補う程度の吸込み流量があれば、吸着保持力は到達真空圧力に影響されるため、吸込み流量の性能に左右されることは殆どない。つまり、搬送工程が長時間になる使い勝手について言えば搬送時に生じている消費流量、吸込流量は、オーバースペックかつ無駄になることが言える。

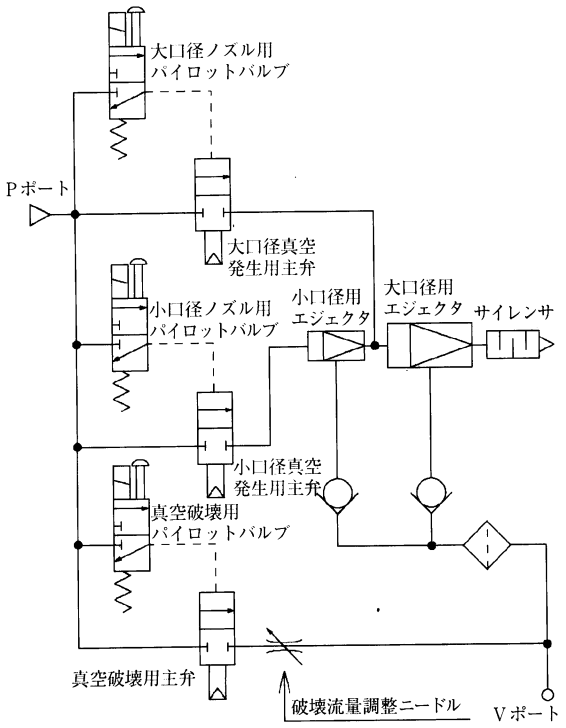
真空発生器を選定する場合、以下の項目を考慮し選定するのが一般的である。

① 真空部（真空発生機構部から配管、アクチュエータなどを含むワークまでの容積）の大きさ、吸着所要時間。
② 消費流量とコンプレッサーの容量との兼ね合い。
③ ワークと真空パッド等を含むアクチュエータの接合部分からの漏れの有無。

以上の通り、吸着されてからのことより吸着を行うまでの過程を重要視してきた。

このことから、ある到達真空圧力までは大流量で吸込み、それ以上の到達真空圧力下においては小流量で吸込むことによりコンプレッサの消費エネルギーの削減を可能にする製品、真空発生器VQシリーズの開発に至った。

真空発生器VQシリーズのツインノズルタイプは、空気圧回路図（第1図）に示すように、大口径ノズル、小口径ノズルを備え持った真空発生器である。以



第1図　真空発生器VQ空気圧回路図

下にその動作説明について示す。

① 真空発生用の信号が入力されると、大口径真空発生用パイロット弁が開く。

② 同時に真空発生用主弁が開き、大口径ノズルを空気が通過し、真空圧力を発生する。

③ 大口径ノズルを通過した空気は、サイレンサーエレメントを通過し大気に排出される。

④ 真空回路内の真空圧力は内蔵された圧力センサースイッチにて感知される。

⑤ 感知された真空回路内の真空圧力が内蔵された圧力センサースイッチの設定値以上になるとスイッチ出力が作動し大口径真空発生用パイロット弁は閉じる。

⑥ 大口径用の真空発生用パイロット弁が閉じると同時に、小口径用の真空発生用パイロット弁が開く。

⑦ 小口径用のパイロット弁が開くと真空発生用主弁が開き、小口径ノズルを空気が通過し、多段真空発生器の効果を利用し真空圧力を発生する。

⑧ 小口径用ノズルを通過した空気は、サイレンサーエレメントを通過し大気に排出される。

⑨ 真空発生用の入力信号が遮断されると、大または小口径用真空発生用パイロット弁はいずれも閉じ、真空遮断の状態になる。

⑩ 大および小口径真空発生の切替えは真空回路の真空圧力変動により行われ、真空発生用の入力信号の入力されている間繰り返される。

本製品は2つの異径サイズの真空機器を直列に接続し、消費流量を制御しそれを低減させることを目的とした真空システムであり、現在まで課題とされていた真空発生器の消費流量を大口径ノズルと小口径ノズルの真空発生器を使い分けることによりトータル的な消費流量を削減させる効果がある。

この機種はツインノズルタイプばかりでなく、シングルノズル、2段ノズルと言ったエジェクタシステム対応タイプと真空ポンプシステム対応タイプのラインナップにより様々なニーズに対応できる機種の構成となっている。

(2) 真空発生器VZシリーズ

真空発生器VZシリーズは、小型（幅10mm）の総合タイプ真空発生器である。半導体関連装置を初めとするワークの吸着搬送用を目的に開発された製品である。この類の機器におけるニーズには、真空発生器の高速化、高精度化、小型・軽量化が挙げられる。この真空発生器VZシリーズは、小型・軽量化は然ることながら真空破壊（真空立下り）応答性能に大きな特長を持った製品である。真空破壊とは、真空配管（真空発生機構部から配管、アクチュエータなどを含むワークまでの容積）の内部圧力を大気圧またはそれ以上の圧力下までにすることであり、真空破壊は以下の方法が一般的である。

① 真空破壊流量調整ニードル弁で適量に絞った圧縮空気を真空回路内に流すことにより行う。

② 排気ポートからディフューザー内径を経由し、真空回路内の真空圧力を大気圧に下げることにより行う。

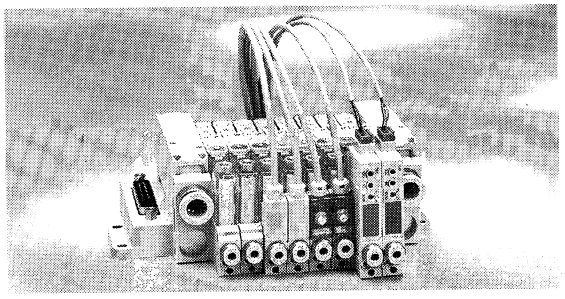


写真2　真空発生器VZ

ワークの離脱スピードを上げるため、真空破壊流量調整ニードル弁を多く開くとワークが吹飛び離脱不良に、またワークの吹飛ばしをなくすため、ニードル弁を絞るとワークの離脱スピードが遅延する問題が生じていた。並びに、真空発生用主弁を閉にすることによる真空破壊は、使用するノズル径、ディフューザ径サイズ等によって真空破壊応答性能に相違が生じる。

真空発生器VZシリーズは、空気圧回路図(第2図)に示すように、真空回路上に大気圧破壊弁を設け、真空破壊時にこの弁から大気圧を導入させることと真空破壊エアーの吐出により、ワーク離脱に要する時間短縮が可能となった。以下にその動作説明について示す。

① 真空発生用パイロット弁が開くと、真空発生用主弁が開く。

② 同時に真空発生用主弁が開くことにより、大気圧破壊弁が作動し真空回路と排気回路間が閉の状態になる。

③ 供給エアーはノズル、ディフューザーを通過し真空回路内が真空圧力に満たされる。

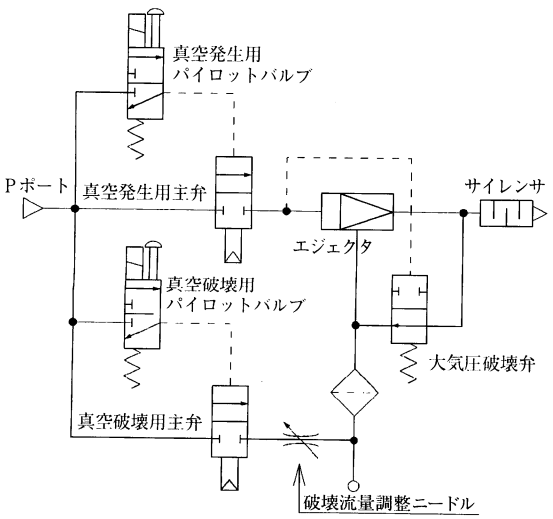
④ 同時にノズルを通過した空気はサイレンサーエレメントを通り排気回路から排気される。

⑤ 真空発生用パイロット弁が閉じると、真空発生用主弁が閉じる。

⑥ 同時に真空発生用主弁が閉じることと大気圧破壊弁が開くことが連動作動され、真空回路と排気回路が開の状態になる。

⑦ 大気圧が排気回路からサイレンサーエレメントを通りディフューザーの内径部を経由するのと同時に大気圧破壊弁回路を経由し真空回路内(フィルター、真空継手を含む)は大気圧になる。

⑧ 真空破壊エアーを吐出させる場合は、⑤のタイミングに真空破壊用パイロット弁を開き真空破壊用主弁を開かせる。



第2図 真空発生器VZ空気圧回路図

本製品は真空機器において大気圧破壊弁を設けることにより従来の大気導入口よりも大口径面積の弁から真空回路側に大気を吸引することによって真空破壊の高速応答を追求した真空システムであり、大流量の真空破壊エアーを使用できない微小・軽量ワークにおいては、ワークの吹飛ばしがなく、かつアクチュエータからワークの離脱時間の短縮効果がある。

この機種は前述真空発生器VQシリーズと同様にエジェクタシステム対応タイプと真空ポンプシステム対応タイプのラインナップにより様々なニーズに対応できる機種の構成となっている。

(3) メンテナンス性、耐久性、信頼性

製品のメンテナンスは基本的にメンテナンスフリーを要求されるが、空気圧機器の場合その使用環境によりメンテナンスは必要になる。例えば、サイレンサーエレメント、フィルターエレメントのメンテナンスサイクルは使用期間よりも使用環境に左右される。ドレンを多量に含んだ空気、塵、埃の多い環境等の悪環境下でのメンテナンスフリーは実際不可能である。よって外観からそのメンテナンス時期が確認できること、メンテナンス性が容易であることを考慮した製品設計を行うことはメーカー側の配慮として言うまでもない。また、機器の修理、交換等が必要になった場合、製品の構造をユニット化することにより、交換コストを最低限に抑えることができることも配慮する必要がある。

ソレノイドバルブの耐久性はここ数年の間に著しく進歩してきた。ソレノイドバルブの耐久作動回数は、弾性体シールで5000万回、メタルシールで1～2億回程度まで向上している。これは、高耐久性のシール材、潤滑グリースの開発、並びに使用している部品の加工技術の向上と、材質、面粗度、表面処理等、諸々に対する研究成果の現れであると言える。

更に、急速に多様化する使用環境に対する信頼性の確認が製品評価において重要な位置付けとなる。以下に信頼性評価に代表される項目を示す。

① 耐振動性：振動に対する機器への作動影響

② 恒温恒湿作動性：使用温度、湿度範囲の上限、下限環境下による機器への作動影響

③ 耐オゾン性：ドライエアー質による機器への作

動影響
④ 耐ドレン性：含油エアー質による機器への作動影響
⑤ 長時間連続通電：ソレノイドバルブへの長時間連続通電した時の機器への影響
⑥ 耐電圧性：筐体と電気回路間に電圧を印加した時の耐量
⑦ 絶縁抵抗：製品自体の絶縁抵抗値
⑧ 耐ノイズ：電気的ノイズに対する強さ

エアー質の急激な向上により耐オゾン性の評価を各社一斉に行ったことは、ここ数年前の出来事で記憶に新しい事例である。信頼性の評価は市場の変化に伴い内容の変化、追加を行う必要性がある。我々メーカーはそれに追従していかなければならない。

2．小型圧力センサーおよび分離型表示器

圧力センサーの圧力検出方法には、電子式圧力センサーと言われる拡散半導体圧力センサー式と機械式圧力センサーと言われるダイヤフラム＋有接点マイクロスイッチ式の2種類がある。電子式圧力センサー（無接点出力方式）の耐久性は機械式圧力センサー（有接点出力方式）と比較し5倍以上である。電子式圧力センサーのここ数年における低コスト化、小型化への取り組み成果もあり市場に流通されている圧力センサーの約8～9割は電子式圧力センサーである。

小型圧力センサー（写真3）は幅10mmの超小型の圧力センサーである。圧力センサーの出力仕様は1～5VDCの直流電圧出力のアナログ出力タイプと、トランジスタ出力を有したスイッチ出力タイプの2種類をラインナップしている。また、圧力レンジにおいては、正圧タイプ（0～1MPa）と負圧タイプ（-100～0kPa）、連成タイプ（正負圧兼用：-100～300kPa）の3種類をラインナップしている。圧力取り出し方法は、雄ネジタイプ（M5×0.8、R1／8）、ニップルタイプ（φ4、φ6）ユニオンタイプ（φ4、φ6）をラインナップし、様々な、ニーズに対応できる構成になっている。

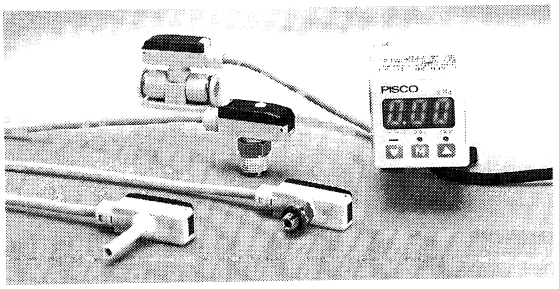


写真3　小型圧力センサーおよび分離型表示器

圧力センサーの小型化は、圧力センサーを吸着ワーク等の末端へ接続することを可能にし、吸着確認の信頼性を向上させた。

また、小型圧力センサーのアナログ出力タイプと分離型表示器を組み合せることにより、圧力感知部と圧力表示部（スイッチ設定等を含む）を分離させ、圧力感知（小型圧力センサー）はより末端で、圧力表示（分離型表示器）はより目視確認したい場所への設置ができる。圧力表示と圧力感知の一体タイプの機種では、圧力表示の目視確認を優先すると圧力導入配管が長くなり末端圧力との時間差、圧力差が生れる。圧力感知を優先するなら圧力表示の目視確認を行いにくい場所への設置を余儀なくされることになる。

この圧力センサーと表示器を分離型にすることによって、圧力感知、圧力表示確認の双方において最良の部位へ設置することが可能になる。

分離型表示器は従来品と比較し操作性、機能性に大きな特長が見られる。各種設定変更操作をトリマー式からプッシュボタン式にし、各機能の設定変更操作性の大幅な改善がなされていることと、センサー機能の充実が挙げられる。アナログ、スイッチ出力の両出力を持ち合せ、特に豊富なスイッチ出力機能に特長がある。スイッチ出力にはノーマルオープン（A接点）、ノーマルクローズ（B接点）の機能を有したセパレートモード機能と、圧力が設定した一定の範囲内にある時出力を保持する機能を有したウインドコンパレータモード機能を付随し、様々な条件設定を可能にしている。

圧力センサーの信頼性の向上と高機能性能の充実は、圧力の入出力、調圧状態をよりシビアに管理することが可能になり、装置全体の信頼性の向上にも繋がる。

おわりに

現在の信頼性評価は、個々のパラメータ（耐振動性、恒温作動性、耐オゾン性、耐ドレン性、長時間連続通電、耐電圧性、絶縁抵抗、耐ノイズ）で試験するのがベースになっている。しかしながら、製品が受ける実環境はそれぞれの複合したストレスが掛かる環境となる。本来の品質、信頼性の評価方法は複合環境試験が望ましく、製品のライフサイクル全般に亘る実環境を正しく掌握し、それに合った評価を行う必要がある。

（筆者紹介はp.79参照）

<特集：メンテナンスフリーと空気圧機器>

Y0304-07
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

エアーハンドの高剛性化と耐久性

＝リニアベアリングを使用した高剛性、高精度エアーハンド＝

㈱ニューエラー　小谷　政幸

はじめに

ここ10年の空気圧機器でチャック、グリッパー、ハンドと呼ばれる製品はリニアベアリングを使用したものが主流になった感がある。リニアベアリングの採用でハンド先端部に荷重やモーメントをかけることが可能になり、高剛性ハンドを市場へ提供できるようになった。精度面でもガタ量が減少し高精度のエアーハンドが実現した。リニアベアリングの採用により摩擦係数が大幅に減少し、把持効率の向上が図られ、大きな実効把持力が得られるようになった。摩擦係数の大幅な減少により、磨耗量が減少し、ガイド部の寿命が大幅に伸びた。

以下弊社の製品を紹介いたします。

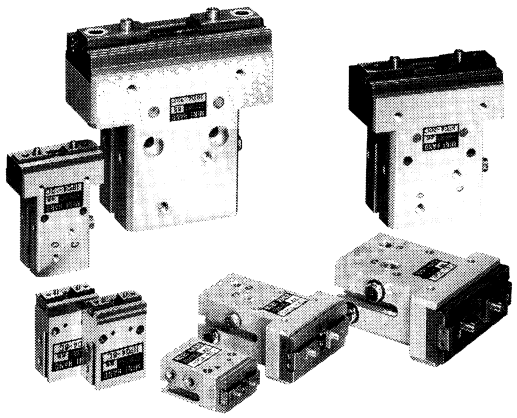


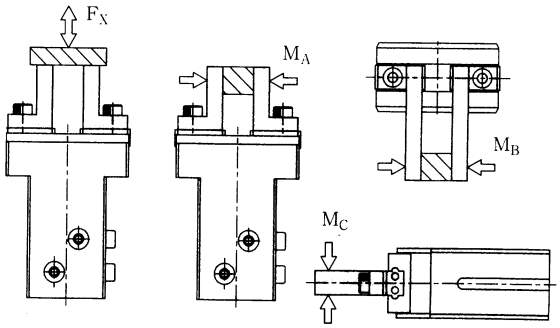
写真1　HP04シリーズ

1．HP04シリーズ

弊社はリニアベアリングを採用した高剛性、高精度のハンドHP04シリーズとして国内で最初に製品化した。

HP04シリーズはハンドのレバー部分にリニアベアリングを採用したことで先端部分に負荷を掛ける事を可能にした。カタログに表示した許容荷重と許容モーメントはベアリングメーカーのデータから安全をみて静定格荷重の約1／10、静定格モーメントの約1／5とした。HP04シリーズはワークを把持した状態で圧入作業が可能な製品である。

弊社では使用状態を想定し，耐久テストとして把持点や爪の形状、使用圧力等を決めて給油なしで行っている。HP04シリーズは数千万回作動させても、レバー部の遊び（ガタ）、シリンダ部の漏れ、作動圧力等で耐久テストの規格を満足している。ただし、公称値は保証耐久500万回としている。



第1図　許容荷重および許容モーメントの説明図

2．HP06シリーズ

このシリーズもリニアベアリングを採用して開発した最初の製品である。HP04シリーズと違いは高さの低い超薄型であり、大きな開閉ストロークを得られる点である。全機種にストローク調整機構が付加されて

第1表　HP04シリーズ仕様

型　式	HP04-8C	HP04-10C	HP04-16C	HP04-20C	HP04-32C	HP04-50C
作動形式	複　動					
使用流体	空　気					
最高使用頻度	120回／分					
センタリング精度	0.07［mm］					
開閉ストローク　［mm］	4	6.5	10	14	22	36
把持力（閉力）	5.7	9.4	26	45	157	347
製品質量　［g］	22	80	159	329	664	1850
許容荷重（FX）	12	50	120	200	350	600
許容モーメント（MA）	0.04	0.4	1	1.5	3	5.5
許容モーメント（MB）	0.04	0.4	1	1.5	3	6
許容モーメント（MC）	0.08	0.8	2	3	6	10

第2表　HP06シリーズ仕様

型　式	HP06-6	HP06-8	HP06-12	HP06-14-S	HP06-14-L	HP06-18-S	H06-18-L
作動形式	複　動						
使用流体	空　気						
最高使用頻度	120回／分			100回／分			
センタリング精度	0.1［mm］						
開閉ストローク　［mm］	12	16	22	30	60	40	80
把持力（閉力）	12	16.7	44	59	59	108	108
製品質量　［g］	52	86	200	390	570	690	1020
許容荷重（FX）	12	40	120	190	190	210	210
許容モーメント（MA）	0.04	0.3	1	3.4	3.4	4.4	4.4
許容モーメント（MB）	0.04	0.3	1	3.4	3.4	5.4	5.4
許容モーメント（MC）	0.08	0.5	2	8	8	9	9

(注) 把持力は圧力0.5MPa、把持点L＝30mmでの値で単位はNで表す。
許容荷重の単位はN、許容モーメントの単位はN.mで表す。

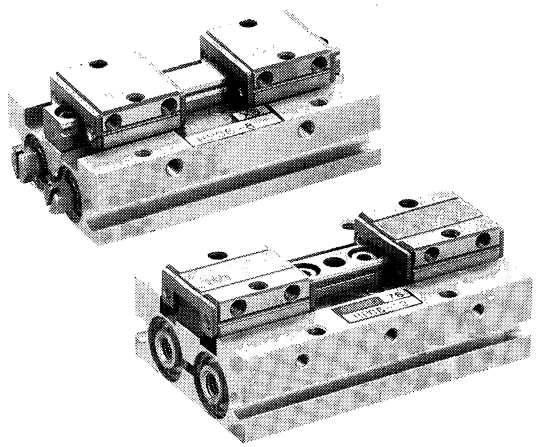
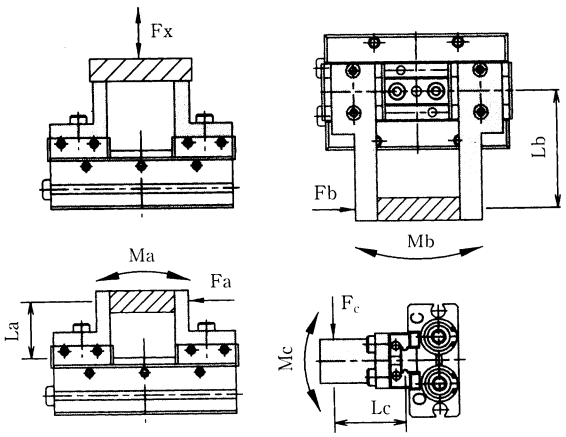


写真2　HP06の外観



第2図　許容荷重および許容モーメントの説明図

いる。許容荷重および許容モーメントについてはHP04と同様にカタログ表記している。

以下、HP06シリーズの仕様を紹介する（ストローク調整機構付は弊社カタログで確認して下さい）。

（筆者紹介はp.79参照）

<特集：メンテナンスフリーと空気圧機器>

Y0304-05
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

DNCシリーズとTigerバルブ

＝高い耐久性と信頼性＝

フエスト㈱　岡田　健司

1．DNCシリーズ

DNCシリーズはFestoのシリンダの中でも代表的なもので、自動車産業、包装機、搬送機等々様々な分野で広く使用されている。その特長としては、

① ISO規格をはじめ色々な国際規格に適合
② 押出成形チューブを使用し、スマートでフラットに近い外形
③ スイッチをボディ3面の溝内に完全収納
④ 取付金具、耐熱、低速度、CTフリー、バルブ一体形等豊富なバリエーション
⑤ 完全タイロッドレス

といったことがあげられる（写真1）。

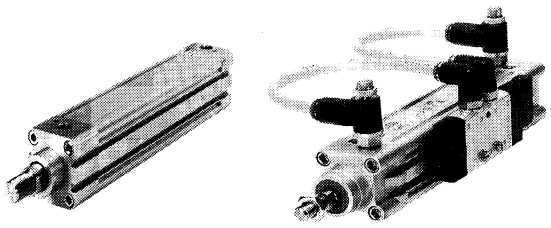


写真1　ISO規格シリンダ　DNCシリーズ

(1) 使用速度

一般的にエアシリンダの使用最高速度は500～700mm/sec程度に制限されることが多い。DNCシリーズでは連続稼働最高速度で1m/sec、瞬間最高速度で3m/secが許容されている。一例として、専用コントローラ、ポテンショメータ、サーボバルブとの組合せで使用する空気圧サーボシステム（写真2）でのテストにおいては、最高速度2.2m/secを記録している。

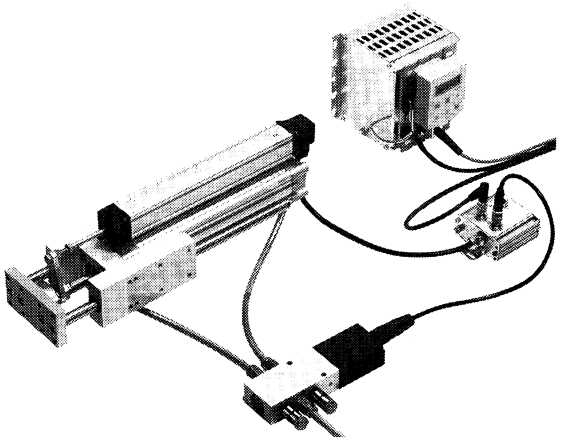


写真2　DNCシリーズを使用した空気圧サーボシステム

(2) メンテナンス性

前述のように、DNCは完全タイロッドレスのシリンダである。従って、分解、再組立てが簡単であり、パッキン交換、内部洗浄等の保守作業を非常に効率よく行うことができる。

2．Tigerバルブ

Festoでは、電磁弁MFH（-B）、MVHシリーズを総称してTigerバルブと呼んでいる。このうち、MFHシリーズを『クラッシクTiger』、MFH-B、MVHシリーズを『Tiger2000』と呼び、さらにTiger2000のMFH-Bをスタンダードタイプ、MVHシリーズを省電力タイプと分類している。これらのシリーズは全てパイロット制御弁となっている（写真3）。

これらのパイロットの管路は、同じ口径のものと比較しても、非常に大きくとってある。それだけバルブ

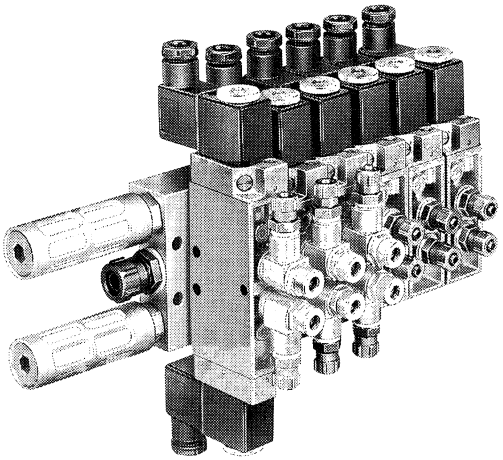


写真3　Tigerバルブ

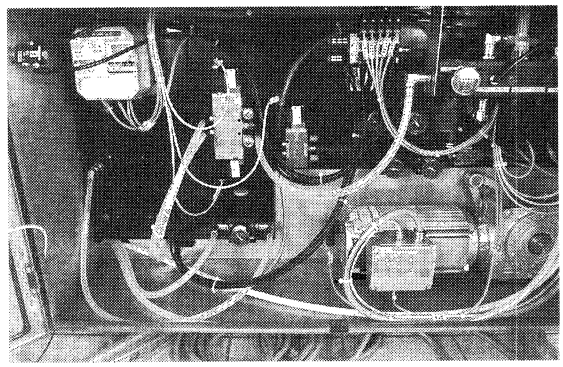


写真4　糖分が撒霧する菓子工場で稼動するTigerバルブ

幅が大きくはなるが、粉塵が発生する場所で使用し、その結果バルブ内に多少の粉塵が進入するようなことがあっても問題なく稼働し続けることができる。

特にクラシックTigerはメインバルブがポペット式なので、高応答で更にゴミに強い。これは粉体や糖分が撒霧する等、過酷な条件下で稼働させなければならないユーザにはなくてはならないものとなっており、また大変好評を得ている。

Tigerバルブの使用例を写真4に示す。

【筆者紹介】

岡田健司（昭和44年10月26日生・兵庫県出身）
フエスト㈱　空気圧機器事業部　マーケティング部
〒224-0025　横浜市都筑区早渕1-26-10
TEL：045-593-5605　　FAX：045-593-5678
E-mail：okada.festo_jp@festo.com

フエスト株式会社
＜代表者名＞　関　輝光（クワン・ファイマン）
＜本社住所＞
〒224-0025　横浜市都筑区早渕1-26-10
TEL：045-593-5610　　FAX：045-593-5678
URL：http://www.festo.com
E-mail：festo_jp@festo.com

● 優良技術図書案内

● 家・苦悩と幸せ～実録・住宅相談一問一答～
福地脩悦著　A5判360頁　定価：本体1,800円

● モノ造りの足跡～IT社会を支える情報端末誕生秘話～
㈳電子情報技術産業協会編　B5判264頁　定価：本体3,500円

● 図説式　読んで納得！　簡単に学べる無線LAN & Bluetooth
日本電気㈱　小林佳和著　A5判300頁　定価：本体2,800円

お問合せは日本工業出版㈱販売課まで　販売直通 03（3944）8001　FAX 03（3944）0389

Y0304-17
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

解　説

油圧のスイッチングコントロール

＝電動かフルードかの問題への一つの解答を示す＝

㈱雪ヶ谷制御研究所　伊東　孝彦

はじめに

「電動かフルードか」の話題が賑やかである。大いに喜ばしいことであるが、電気とフルードの比較からどのような答えが期待されているのだろうか。理屈っぽくなるが、より正確に表現するなら、電気を動力媒体とする機械と、流体を媒体とする機械との比較であって、昔から論議されていた、「電気か機械か」に関わる古くて深い問題の露頭の１つである、と見てもよかろう。

一方、フルードパワーで連想する世界がある。熱機関は、近代工業を築き上げ、維持し、そして破滅にも導きつつある怪物でもある。

気相と液相を巧みに運用するランキンサイクルや石油が湧いた所で異常繁殖した、ガソリンエンジン等々。近年はブレイトンサイクルが評価され、連続燃焼のガスタービンが急速に普及しつつある。

エネルギー・フローを、正確に把握して高効率運用に努めることが工学技術に携わる我々の義務である。フルードパワーシステムを、熱授受を主題にていしない熱機関では？などと考えるのも面白い。

機械構造体が電流で動くのが電動機、熱を伴ったフルードで動くのが熱機関で、熱機関もフルード機械の仲間だが、エクセルギーの隔たりは大きい。

電車、携帯電話、発電所、コンピュータなど、何れも機械構造物に電気が「チョロチョロ」流れているに過ぎない。全てが機械構造体で「電動かフルード」かの問題以前に機械とは何かを考えよう。

読者諸氏は、「最も優れた機械とは何か」の問いに答えをお持ちだろうか？　答えは、たった１つしかないと思うのだが。

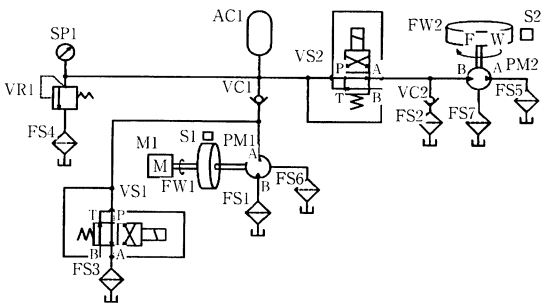
終りの部分に答えを示すが、充分に御考慮頂いた上で、解答を御覧頂きたい。

１．新理論の概要

敢えて新理論と呼ばせて戴いたが、技術的態様は、定吐出量油圧ポンプの出力端で、吐出圧力と吐出量を任意に変化させる油圧スイッチング制御手段、FST（Fluid Switching Transmission）と呼ぶ。

平成14年５月、春季フルードパワーシステム学会の春季講演会で初めて発表された新理論に基づく油圧スイッチング制御理論[1][2]であって、従来から在る要素技術を組み合わせて構成されている。

第１図に初めて発表されたFST、油圧スイッチング制御回路を示す。

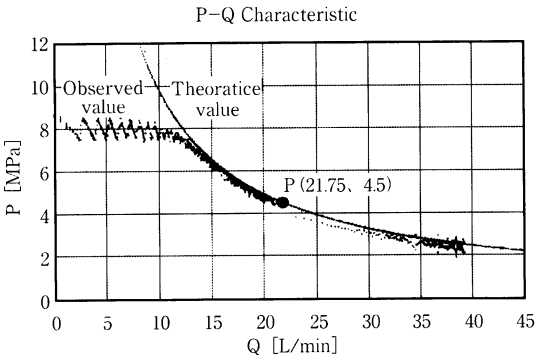


第１図　油圧スイッチング制御回路

図の、左側に寄った部分がFSTの増圧回路、右側が減圧回路である、第２図の油圧と油量の関係を示すグラフに於いては、圧力を下げてポンプの吐出量より流量を増大させる部分で、フリーホイリングを活用し、効率向上を図っている。

グラフ中央部の黒丸が、原動機を含むポンプの定格動作点である。

このグラフは、実測結果を示すが、吐出量可変のポンプの特性を示しており、本理論による制御が成立す



第2図　圧力と流量の関係を示すグラフ

ることとともにFSTの効率の高さも判る。

機械技術分野で、油圧技術は近代工業を支える強力なアクチュエータとして君臨していたが、多くは動作の俊敏性を欠き、緩慢な動作が目立った。

一方の電気工学の世界でも、同じ路を辿った。しかし、送電ネットワークで供給される電力は油圧と全く異なる、油圧技術では絶対に真似することのできない重大な特質を備えていたのである。

電力は交流で供給されていたのである。

電力は、毎秒、100個とか、120個の粒々で供給されていることを知らねばならないが、実は、電力の粒々は高調波が極めて少ない、波形歪みの小さいサイン波である。

定常的な力を求める油圧技術との間に、何となく隔たりを感ずる。

2．電気工学技術は軽くなった

空中高く張られた高圧送電線は抗張芯線の応力芯を導電の主役であるアルミニューム合金が包み、更に数本の電線を平行に束ねて包絡断面を拡大し、空気に対する耐電圧を高める場合もある。

しかし、線間、対地静電容量の増加のデメリットを伴い、本稿の主題でもあるフルードパワーシステムでの葛藤、圧力と流量の変化速度に関わる問題に似た、厄介な現象も起こっている。

油圧システムへのスイッチング導入にあたっては本題に入る前に、スイッチング技術の発達の端緒となった電気工学に於ける「交流理論」についての初歩的な理解を持たれることを、お勧めする。

基礎電気工学理論を熟知される方は次節へジャンプされるか、興味本位で目を通して戴きたい。

では、基礎電気工学の難関である交流理論講座を、「軽く」半頁位の超短縮版で試みる。

(1)　交流電気は粒々か？

その通り、粒々であることを以下に示す。我が国では、毎秒100個か120個の粒々で供給される。…と云うのは、単相交流の話である。

100ボルト、50ヘルツの交流を理解しよう。まず正規化して、時々の電圧を、Eとするとは(1)式で表される。

$$E = \sin(50 \times 2\pi t) \quad \cdots(1)$$

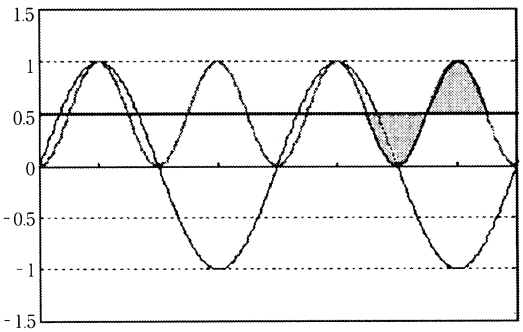
Eの電圧をRΩの抵抗の両端に印可すると、電流Iは、(2)式で表される。

$$I = E / R \quad \cdots(2)$$

抵抗の消費電力は、E×Iであるから、電力Pは(3)式の通り。

$$P = 1/R \times 1/2 \times (1 - \cos(2 \times 50 \times 2\pi t)) \quad \cdots(3)$$

(3)式は、三角関数の計算で、多分、中、高校で学ぶ公式である。第3図に、グラフを示すが、明らかに粒々である。グラフは、50ヘルツで示した。



第3図　粒々の単相電力

次に、フルード、電気を問わず、スイッチングにとって重要な概念である実効値の考えを示す。

第3図で、平均電力を考えるなら、ピーク電力値の1／2の値になることは明らかである。理解を援けるために、グラフの一部に網線を施した。

(1)式で表される。電圧のピークで電力が最大になり、平均電力が、最大電力の1／2となっている。

とするならば、第3図で、平均電力を与える直流電圧と、交流電圧のピーク値との比は、1対$\sqrt{2}$になる。簡単な算数なので確かめられたい。

これが、交流理論の実効値なのである!!　日頃親しんでいる100Vの交流は、実効値が100Vであって、実は、ピーク電圧は$\sqrt{2}$倍の約141.14Vなのである。

実効値が100Vの交流電圧電圧を(4)式に示す。

$$E = \sqrt{2} \times 100\sin(50 \times 2\pi t) \quad \cdots(4)$$

ついでに、実効値をが、ルートミーンスクェア(root mean square：rms) と呼ばれる理由がここにあることを御理解戴いて、交流理論は終り。

(2) 電力が粒々では振動で困らないか？

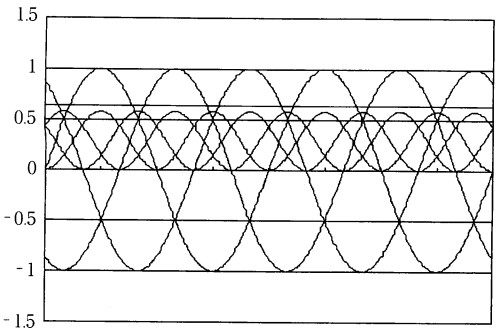
それが、全く困らないのである。

電力は、三相で発電され、三相交流で供給されている所にその秘密がある。

あと少々電気を。三相交流とは、(1)式の他に±2π／3位相がずれた電力がセットになっている。

$$\left.\begin{aligned} Eu &= \sin(50 \times 2\pi t) \\ Ev &= \sin(50 \times 2\pi t - 2\pi/3) \\ Ew &= \sin(50 \times 2\pi t - 4\pi/3) \end{aligned}\right\} \quad \cdots(5)$$

第4図は、三相電圧と電力の波形を示す、電力はノンスケールで示すが、何と、直線になっている。交流発送電は、実は粒々ではなかったのである。



第4図　三相交流の電圧と電力

新幹線等の交流電車は単相だが、困らないのか。とのご指摘もあろうかと思うが、実は、昔から解決済みである、M、Tと呼ぶ、90度(π／2)位相をずらせた二相に変換して変電所の両側へそれぞれの架線と軌道に送電している。

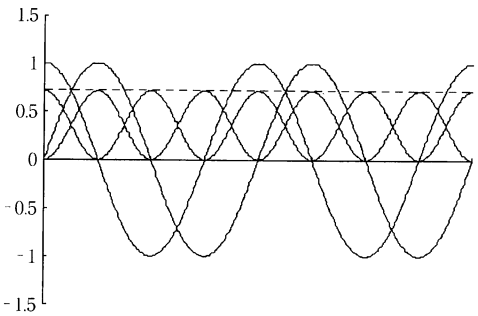
変換にはスコット変換回路などが知られている。

詳しい説明は省くが、M、Tの二相でも電力に脈動が生じないことを、第5図のグラフに示した。

三相からM、Tへの変換は、Y・Δ接続によるベクトルの違いと、トランスの変圧比との組み合わせで簡単に実現できる。

これに、「スイッチング」技術を加えるならば、忽ちサイクロコンバーターの領域に入り、メガワットはおろか、ギガワットに及ぶインバーターが、簡単に実現されてしまうが、サイクロコンバーターは直流変換部を持たず、交流でのみ実現できる。

以上で交流の基礎概念の説明を終えるが、次の点にご注意戴きたい。



第5図　二相交流の電圧と電力

交流の概念はこれで充分であり、これだけ理解していれば、油圧との対比には役立つ。説明の過程で、抵抗Rとしたのは、実数軸の話に限定したからである。複素数を用いて一般化するのが学術的に正しいが、いたずらに敷居を高くすることをおそれて敢えて実数に限定した上で説明を試みた。

フルード工学に於いても、初歩段階では、パスカルの定理や、ヴォイルの法則で流体を扱うのと同様に、実数上に限って初歩的な解説を試みた。

(3) 油圧技術に粒々を導入したら？

長々と交流電力の話をしたが、実は電力の世界で「電力の交流離れ」が始まっていたのである。制御整流に始まった直流化が、急速に進展している。

交流で送られて来た電力を直流に変換したら、電気はフルード技術に並んだことになる。

直流電力を得た電気工学の世界ではスイッチングを用いたパワーエレクトロニクスが爆発的に発達して、送電される交流の周波数より高い周波数による電力制御技術が商業として成立した。

粒々の波長が変わった、短くなったのである。

電気工学では、di／dtが増大すると、抵抗以外のデバイスが、猛烈に小さくかつ軽くなることは常識で、「重い」電源トランスは駆逐されつつある。

スイッチングレギュレーターでは、運用周波数がメガヘルツ台に達している。

そして、デバイスの重さは周波数に反比例する。それが、スイッチング電源に始まり、インバーターと呼ばれる製品群の技術的背景になっている。

そして、電気油圧サーボシステムの全てに、これが使われているのである。

電気は軽くなった!!

ここに割って入るのも面白いと感じて、筆者等は油圧の粒々、油圧スイッチングの導入を試みた。

3．油圧は電気の軽さに迫れるのか

電気は交流であるが故に発達し、交流を脱したが故に更なる発展を遂げつつある。

直流の舞台に並んだ油圧にもチャンス到来と考えて、かつて30年位昔、油圧スイッチング制御を行い、好成績を収めた[3][4]。

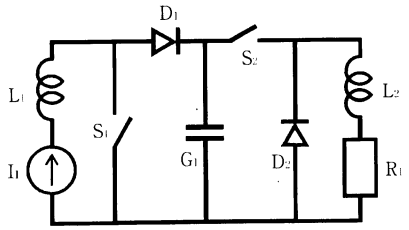
エネルギーは、ガウス的視点で捉えれば粒々でもよいが、離散値しか扱えないデジタルコンピュータ上での処理は、アナログ値、特にノンリニアを含んだアナログ処理に多くの問題を孕んでいる。

大方の人がコンピュータと呼んでいる道具が怪しい世界で、学問上の不注意から、学生に誤った教育を施す教材と化している例も多々見受けられる。筆者等は、それらを、テレビゲームと呼んでいるが。

電気工学に於いては、半導体の発達とともに直流スイッチングが主流として台頭してきた。

ここに、軽い制御、エネルギー効率の高い油圧制御技術を提案する舞台が整ったと思う。

第6図に、油圧スイッチング制御と等価の電気回路を示すが、電気回路としては、汎用スイッチングレギュレーターを始め、インバーター、スイッチングサーボにまで、広く使われているものである。



第6図　油圧回路と等価な電気回路

4．パルスでアナログ量を制御する

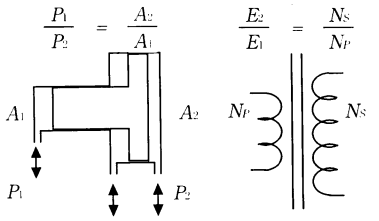
フルード技術でも、従来からスイッチングは行われているが、減圧に限られる。

フルードでは油圧や空圧を下げる方向での制御のみで、電気技術に於ける電圧を上げる制御に相当する技術が欠落していた。

シリンダー径の異なる油圧シリンダーとピストンを連結して圧力変換を行う方法は、変圧器で交流電圧を昇降させる操作に似ているが、用途は限定され、電圧変換の変圧器の汎用性には遠く及ばない。

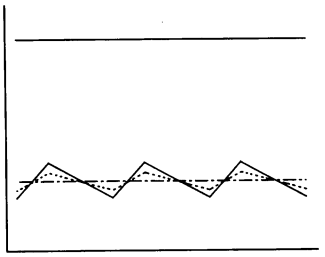
第7図に、流体圧変換器と変圧器の概念図を示す。

スイッチングで油圧などを下げる制御はリリーフ弁に替わって古くから行われている。オートマッティック・トランスミッションのパイロット圧制御などに使われているデューティー弁など実例もある。



第7図　流体圧力変換と変圧器

第8図に従来のデューティー弁の動作を説明する圧力波形の概念図を示す。



第8図　従来の油圧スイッチングの圧力波形

弁出口側にアキュムレーターを設けた場合を破線で、鎖線はアキュムレーターの容積を増した場合で、制御圧力波形は、順次滑らかに変わって行く。

平均二次油圧は、付加回路の流量との釣り合いで決定される。

第8図の鎖線で示された圧力波形に注目しよう。図では脈動が残っている筈だが、仮に、制御出力が元圧の1／3の一定圧力とする。

元圧、一次油圧回路からの流入量と、負荷回路の流量が等しいので圧力変換回路の効率は1／3となり、リリーフ弁で減圧する場合の効率に等しい。

また、これは、電気回路に於ける前世代技術である3端子レギュレーターの効率とも等しい。

デューティー弁による制御の効率はリリーフ弁と同一で極めて低い。FSTと呼ぶ油圧スイッチング制御は、効率に関しても大いに異なってくる。

かっては定電圧電源回路などに広く使われていた3端子レギュレーターも、同様に出力電圧を入力電圧で除した効率しか得られない。

重要なことは、3端子レギュレーターが、あまりの効率の低さから、今では殆ど使われていないと云う事実である。

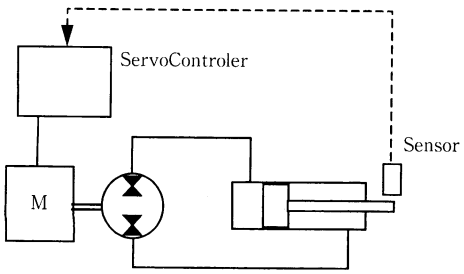
電気の世界では、とうの昔にスイッチングレギュレーターに移行して、フルード業界で多用されているリーフ弁に相当するデバイスは、既に舞台を去って久しい。

今、電源装置は全てスイッチングレギュレーターに変わったと云ってもよい。

そして、本稿でのテーマ、「電動かフルードか」の議論の、「電動」は、全てがスイッチング技術でパワーエレクトロニクスと呼ばれる分野の殆どが、スイッチング技術そのものなのである。

そして、その技術を用いたインバーターで、油圧ポンプに直結されたサーボモーターを駆動するのが話題の電動油圧サーボである。

第9図に、電動油圧サーボのブロックダイアグラムの一例を示した。



第9図　電動油圧サーボ

何故、油圧側でサーボループを構築しないのか？との疑問を持たれるであろう。

その疑問を解決しようとするのが、主題のFST、油圧スイッチング制御である。

油圧サーボ技術は昔から確立されているが、前世代の電気工学に於けるサーボ技術と同じくアナログサーボであるが故に、著しく効率が低く利用面が限られていた。

フルードスイッチング、FSTを導入することにより、理論効率は100％となった。

しかも原動機（サーボモーター等）と油圧ポンプの慣性モーメントをループ外に排除するので、応答特性などの面で、著しい性能改善が可能となる。

また、ループ外の慣性モーメントを意図的に増大させることにより、サーボ出力と電力消費量の同時性を緩和する。即ち、ピーク消費電力の低減に大きく寄与することができる。

これは、「電動かフルードか」の答えの1つでもあって、今後、急速に展開する可能性を秘めているものと考えている。

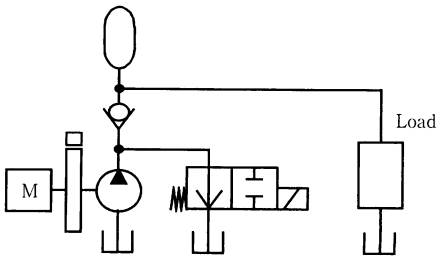
5．スイッチングによる増圧の説明

本稿の主題、FSTの主要部分である。スイッチング制御を使って、油圧ポンプの吐出圧より高い圧力を作り出そうとする理論である。

油圧を下げる制御は従来から一般に行われていたが、油圧を上げる制御の実施例は極めて少ない。

油撃（Oil hammer）による増圧の研究は一部で行われているが、原理的に高い効率は望み難く、汎用性に於ける障壁が高く、実用に至っていない。

新理論による油圧スイッチング増圧回路は、第10図に示すように、極めて単純な回路である。



第10図　油圧スイッチング増圧回路

この回路の動作状態を以下に表現する。

アキュムレーター内の作動ガス体積は充分に大きく、作動油の質量、体積弾性率は無視する。

油圧ポンプを駆動するモーターのトルクを一定とし、油圧ポンプの特性も回転数に依存しないとする。

モータートルク、慣性モーメント、圧力、流量の関係は以下の式で表される。

$$T = I \cdot d\omega / dt - T_m \quad \cdots(6)$$

$$T = \frac{p \cdot q}{2\pi} \quad \cdots(7)$$

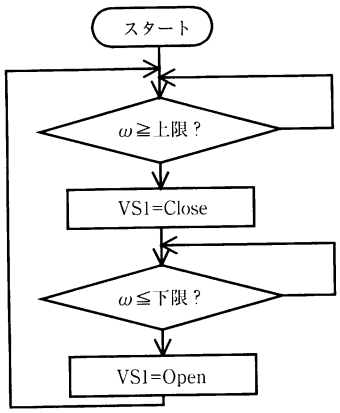
T[N·m]，I[kg·m^2]，T_m [N·m]

p[MPa]，q[cc/rev]，ω[rad/s]

第11図に、参考のために、普通の油圧ポンプの出口圧を増圧する制御フローの一例を示した。

アキュムレーターの圧力を制御目標値とし、ポンプ回転数の上下限界設定値によって、バルブを開閉し、自励振動を行って増圧制御を行っている。

敢えてフローチャートを掲げたが、制御系の動作の並列同時性の状態把握に対する感覚が低下して、優れたシステム設計ができなくなる恐れがあるので、大規模なフローチャートは避けるのが良い。



第11図　増圧制御のフロー

6．油圧スイッチングと振動

初代の油圧スイッチング制御では、アンローダー弁は自作し、チェック弁はカートリッジタイプを使用したので、振動はなかった。

今回の装置は客観性を保つために、全て市販品で構成することにしたので、やや騒音レベルは高くなったが、振動は殆ど認められない。

油圧スイッチングで、何故振動が発生するのだろうか？と云う問題について考えよう。

第10図の、増圧部分と、負荷回路（Load）を挿入した回路例により、振動について考える。

アンローダー弁を急速に閉じる。何となく、激しいショックが発生すると思いがちだが、よく見ると、ショックが発生する理由はどこにもない。

リターンポートが締め切られたので、作動油の流れは方向を変えて、アキュムレーターに流れ込むだけのことで、何のショックも発生しない。

しかし、これと似たようなことを試みて、振動を経験された読者も多いと思うが、原因は他にあった。

一言で云えば、出来の悪さが原因なのである。ここに、トランジェントの問題がクローズアップされる。油圧に限らず電力スイッチングも同様。

作動流体の体積弾性率と運動量、流路壁面後続の弾性率とが、振動に強く関わり、トランジェント解析を難解にする。これが、電気回路理論に複素数を導入するのに似ている。

電気回路の場合には、電線そのものがインダクタンスと静電容量を持っている。寄生リアクタンスであって、急峻な電流変化に伴って、高い周波数の振動を生ずることがある。

これを抑制するためには、寄生リアクタンスを減らすのが先決だが、抵抗とコンデンサーを直列にしてスイッチ部に挿入して振動を抑制する補助的な手段もあり、スナバー（snubber）と呼ばれる。

7．電動かフルードか

正面から議論できる問題ではなさそうである。フルードの側に、電動に対応する概念がなかったことが、問題ではなかろうかと思う。

新たに提案させて戴いたFSTなどの技術を適用すれば、自然に住み分ける領域がはっきりする。

但し、純粋に工学技術上の問題とした場合に限られ、営業活動の立場では、電機関連業種では電動を、フルード関連ではフルードを推す結果になろう。

しかし、ユーザーの立場では、より適した手段を自らが選ぶ見識を求められる。

何れにしても、「機械」の立場では大差がない。

結論らしき所へ至ったので、設問への解答。

【問題】　“最も優れた機械とは何か”

【回答】　“存在しない機械”である。

機械とは、機械に要求された機能を全うするべきものである。

用が足りるなら、機械の実体は関係がない。

機械あるいは機械要素の存在はそれ自身での意味がない。

設計とは、要求された目的に対して、最も小規模な姿を追求する作業である。

昔、筆者自身が、設計とは何だろうか？との疑問を感じて、自分の作業を振り返って気づいた事実である。

応力分布に斑がない、無駄な要素がない、小さい、等の特質を備えた機械が、なんとなく輝いて見える理由が判るような気がする。

しかし、存在しない機械を設計すると、収入も、“存在しなくなる”。これが最大の悩みでもある。

電気回路設計も同じで、新しい悩みが生まれる。

＜参考文献＞

(1) 伊東・関・鈴木：“油圧制御に於ける新理論の提案実験報告”、平成14年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集、pp.34-39.

(2) 伊東・関・鈴木：“油圧制御に於ける新理論の提案実験報告”、平成14年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集、pp.34-39.

(3) 伊東：“パルス制御を用いた新方式トランスミッション”、日本フルードパワーシステム学会論文集、'03年3月、Vol.34、No.2、pp.103-106.

(4) 伊東：“油空圧技術における新理論の構築”、油空圧技術、2003年5月、pp.49-55.

（筆者紹介はp.79参照）

製品と技術

Y0211-16
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

ダイナクリーン

＝油圧装置における作動油の汚染劣化、酸化劣化防止＝

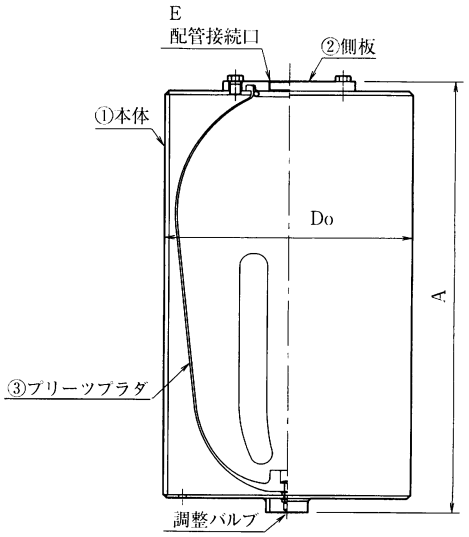
日本アキュムレータ㈱　土屋　英之

はじめに

近年、油圧制御技術の高度化、また省資源、環境保護の観点より油圧装置に使用される作動油の汚染劣化、酸化劣化の防止が求められている。しかし、作動油を管理するためには、設備、処理工数など多くのコストがかかっているのが現状である。そこで、作動油が酸化したり、水分やゴミがはいらないように油タンクを密閉することができれば、簡単かつ低コストでこれらの問題点を解決できる。弊社では油タンクを密閉することができる“ダイナクリーン”を商品化しており、以下に紹介する。

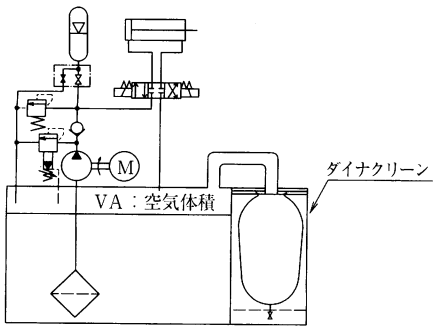
1．構造および作動原理

油タンクを密閉構造とするためには、油圧機器作動時の油量変化および油温変化によるタンク内空気量変化を吸収する必要がある。この空気量変化をブラダ（ゴム製の袋）を使用して吸収する。“ダイナクリーン”構成部品は、①ブラダを固定する本体、②配管と接続する側板、③ブラダ、と非常にシンプルな構成になっている（第1図）。また、③ブラダには水抜きを兼ねた空気量調整バルブを付属している。

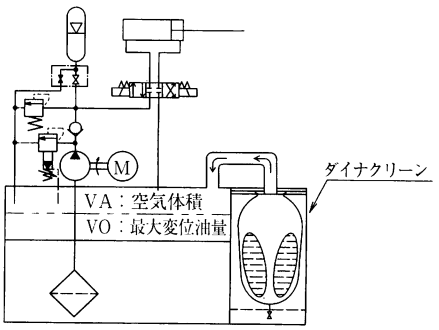


第1図

“ダイナクリーン”を油タンクと接続（第2図）しアクチュエータが稼働すると、油面が下がり油タンク内空気体積が増加するが（第3図）、この時、ブラダ



第2図



第3図

が収縮し油タンクを大気圧に保つことができる。また、アクチュエータから作動油が戻り、油面が上昇するとブラダは膨張し油タンクを大気圧に保つ。

2．選定方法

“ダイナクリーン”を選定するには、油タンク内でどれくらいの油量変化があるかを求める必要がある。その手順を以下に示す。

① 油タンク内の最大変位油量（VO）

アクチュエータ作動時の変化量より求める。第2図のシリンダーにおいては、シリンダーロッドストローク分が変化量となる。

② 熱膨張油量（OH）

油タンク内の油が温度により膨張する変化量を求める。

$$OH = V \cdot \alpha \cdot (TH - TL) \quad \cdots(1)$$

V ：油タンク内の全油量

α ：作動油の熱膨張係数

TH：最高油温

TL ：最低油温

③ 熱膨張空気量（AH）

油タンク内の空気体積が温度により膨張する変化量を求める。

$$AH = VA \cdot \left(\frac{TH + 273}{TL + 273} - 1 \right) \quad \cdots(2)$$

VA ：油タンク内の空気体積

④ ①～③の合計変化量（VW）を求める。

$$VW = VO + OH + AH \quad \cdots(3)$$

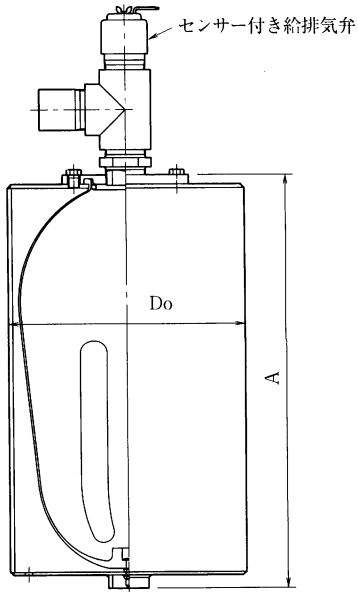
VWを満足できる給排量を持つ“ダイナクリーン”を選定することで、油タンクを大気圧に保つことができる。

3．製品仕様

呼び容積20～120L、最大給排量11～66Lの8機種がシリーズ化されている（第1表）。

4．センサー付き給排気弁

油圧機器破損による油面低下、異常な油温変化による油面上昇など、“ダイナクリーン”の調整能力を超えた油面変化が発生した場合の安全装置として、給排気弁を設置することができる。給排気弁は、チェックバルブ、エアーエレメントから構成され、油タンク内外で±0.02MPa以上の差圧が生じると、チェックバルブが開き空気の出入りが発生し、油タンクを保護することができる。また、センサー付きとすることで、異常な油面変化を電気的に検知することもでき、装置の保全管理が可能となる（第4図、第5図）。

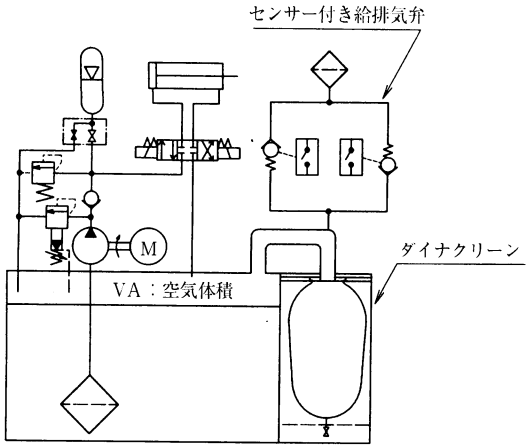


第4図

第1表 ダイナクリーン仕様

品番	呼び容積 L	最大給排量 L	重量 kg	A mm	φDO mm	E
N※-L0.05-L20-YAC	20	11	36	603	267.4	G2
N※-L0.05-L30-YAC	30	16.5	47	838		
N※-L0.05-L40-YAC	40	22	56	1042		
N※-L0.05-L50-YAC	50	27.5	69	1345		
N※-L0.05-L60-YAC	60	33	74	1485		
N※-L0.05-L60-YAX	60	33	60	939	355.6	
N※-L0.05-L80-YAC	80	40.7	74	1194		
N※-L0.05-120-YAC	120	66	97	1623		

（注）※はブラダ材質による。



第5図

おわりに

今回紹介した“ダイナクリーン”は、作動油の長寿命を計ることにより、コストダウンと省資源、環境保護対策の両面を可能にすることができる。また、粉塵が多いなど、従来設置が困難であった雰囲気においても、油圧装置を設備することができる。特に酸化劣化防止に対しては、密閉構造内の空気を窒素ガスと置換することでより効果を上げることも可能になる。以上“ダイナクリーン”についてご紹介したが、本製品の特長をご理解頂き、油タンクを取り巻くコスト、環境についてお困りの際には、ぜひ一度検討頂きたい製品である。

【筆者紹介】

土屋英之
日本アキュムレータ㈱　営業部　営業技術課　課長代理
〒424-0038　静岡市清水西久保415
TEL：0543-67-1230　　FAX：0543-67-1951
E-mail：h.tsuchiya@nacol.co.jp

無害化技術を推進する専門誌

環境浄化技術

体裁
創刊年月日：2002年10月18日
発　行　日：毎月1日発行
発行部数：12,000部
判型・総頁：B5判、116頁
定　　価：1,600円
（本体1,524円）
年間購読料：18,000円
12冊（税・送料含）

◇本誌のねらいと特色

月刊「環境浄化技術」は、大気、水質、土壌・地下水、廃棄物・リサイクル等の無害化技術を推進いたします。
掲載内容は、環境管理実務にすぐ役立つ最新技術・利用技術と環境修復の基礎技術を、わかりやすく紹介、規格・法規の最新情報を掲載、地球環境の汚染を防止、資源・エネルギーの有効利用、廃棄物の削減リサイクルに役立つ内容といたします。

◇本誌をお読みいただきたい方々

官公庁、化学工業、産業機械、建設土木、繊維、鉄鋼、紙パルプ、食品、肥料、薬品、石油精製、化学、自動車、その他、環境管理技術者。地方公共団体、大学の図書館の方々に購読をおすすめいたします。

年間購読のお申し込みは
販売直通
☎03 3944 8001

日本工業出版

本社　〒113-8610 東京都文京区本駒込6-3-26 日本工業出版ビル
TEL.03(3944)1181(代)　FAX.03(3944)6826
http://www.nikko-pb.co.jp/　e-mail:info@nikko-pb.co.jp

大阪営業所　〒541-0046 大阪市中央区平野町1-6-8-705
TEL.06(6202)8218　FAX.06(6202)8287
日本橋事務所　〒103-0004 東京都中央区東日本橋3-5-7 ワタナベビル4階
TEL.03(3808)1021　FAX.03(3808)1023
中国事務所　〒350001 福建省福州市鼓樓区湖東路宏利大厦
東側公寓樓13階F座
TEL.(FAX).0591-7855622

Y0304-13
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

連載　空気圧機器の流量特性の表示方法と試験方法についての新提案

現状と課題、とくに特性表示方法の新提案

SMC㈱　小根山尚武

連載のはじめに

流体機器の流量特性は、古くから国や業界により様々に表示されてきた歴史があり、近年も相互の無理解に基づくトラブルがしばしば発生している。過年度の㈳日本フルードパワー工業会（JFPA）におけるISO規格のJIS整合化事業により、アクチュエータ駆動を主用途とする電磁弁の流量特性の定義は、ISO 6358が現状では最善のものと確認された[1]。しかし、健全な国際競争をはかり、適正な機器選定とシステムの設計を支援して顧客満足度を高めるためには、いっそうの進化が必要であることも明らかとなった。より多くの機器に高精度に適用できる特性表示法の定義拡張、試験方法の改良および動特性を利用する代替試験方法の開発が課題である。

そこで、日本小型自動車振興会から㈳日本機械工業連合会を経た機械振興資金の補助を得て、JFPAに「空気圧機器の特性表示方法と試験方法の規格化に関する調査研究」委員会が設置された。このリレー連載は、その平成14年度の事業成果[2]とその後の進捗を加え、第1回の本稿は、現状と課題の全貌とそのうちのとくに特性表示方法の新提案について解説する。

1．ISO 6358と従来の特性表示法との比較

1－1　全域で定義されたISOのC、b

1989年に「音速コンダクタンスC」と「臨界圧力比b」により空気圧機器の全域の流量特性を表示するISO 6358（以下、ISOと略記する）が制定され、整合するJIS B 8390「空気圧－圧縮性流体用機器－流量特性の試験方法」が2000年に制定された。ISOは、流量特性を次式で表す。

チョーク流れの場合（$P_2/P_1 \leq b$）、

$$Q = CP_1\rho_0\sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \quad \cdots(1)$$

亜音速流れの場合（$P_2/P_1 > b$）、

$$Q = CP_1\rho_0\sqrt{1-\left(\frac{\frac{P_2}{P_1}-b}{1-b}\right)^2}\sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \quad \cdots(2)$$

Q：質量流量［kg/s］
P：絶対圧力［Pa］
C：音速コンダクタンス［s・m^4/kg］
ρ：密度［kg/m^3］
b：臨界圧力比［－］
T：絶対温度［K］
添字0：標準状態
添字1：上流の状態
添字2：下流の状態

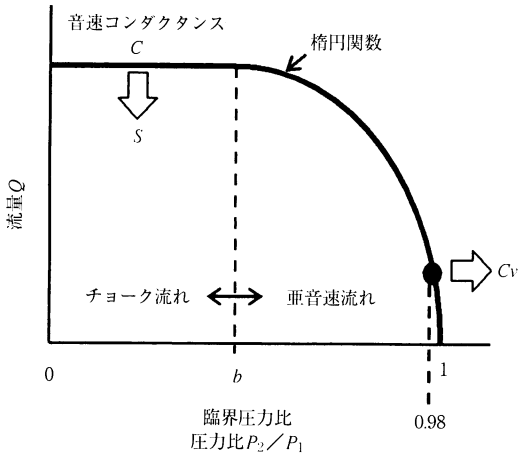
これは、第1図に示すように、Cがチョーク流量を表し、bは楕円関数で近似する亜音速流れの開始点を表すものである。

1－2　チョーク流れで定義されたS

その四半世紀前の1964年に、空気圧シリンダの応答は駆動回路のチョーク流量に依存することに着目した「有効断面積S」がJISに規定されていた。それ以後、電磁弁だけでなく、消音器や管継手などにも適用が拡大され、機器の選定指標として、30年以上も用いられてきた。S［mm^2］とC［dm^3/(s・bar)］（実用単位）は、ともにチョーク流れで定義される同じ概念なので、JIS B 8390は附属書で次式のように理論的な換算を示している。

$$S = 5.0C \quad \cdots(3)$$

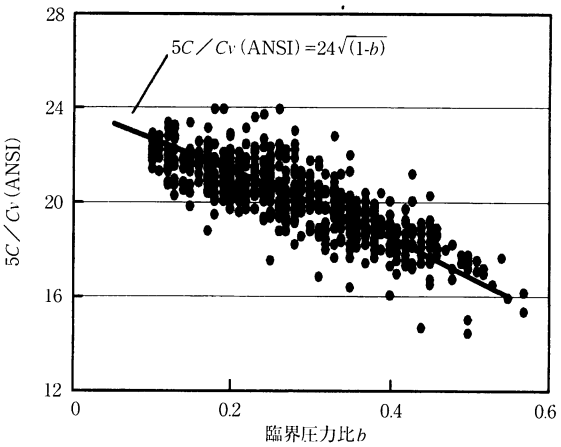
ISOは機器によって異なるパラメータbを導入して亜音速流れを特定したので、旧JISを改良したものに相当する（第1図参照）。



第1図　ISO 6358による流量特性の定義

1－3　亜音速流れで定義されたCv

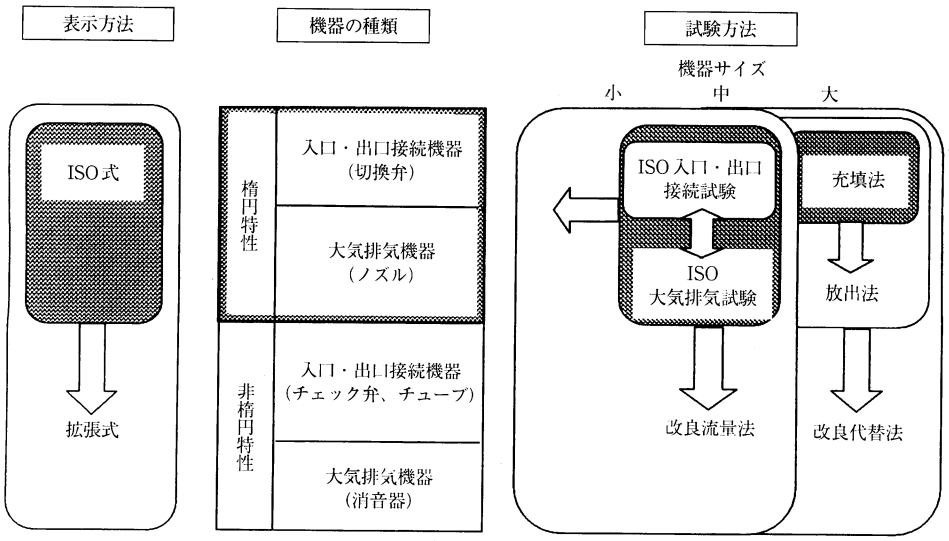
また、プロセス制御の分野では、一定の微小圧力差における水の流量が「容量係数Cv、Kv」などにより表されていたが、1990年に空気圧機器のCvがANSI／(NFPA) T3.21.3に規定された。これは、空気の圧縮性が無視し得る亜音速流れ域の末端の圧力比が0.98～0.99のほぼ1点の流量を表すものである（第1図参照）。多くの電磁弁について、CとCv（ANSI）の測定結果を第2図に示す。両者の関係は、bに依存することが理論的にも明らかであり、Cv（ANSI）はCやSと1対1対応しない。従って、Cv（ANSI）が同じバルブでもチョーク流量は大差がある。



第2図　CとCv（ANSI）の実測値の比較

2．ISO 6358の進化必要性

電磁弁について、ISOに基づいて求めたCとbによる流量の計算値と実測値との誤差は概ね±5%以下であり、従来の特性表示方法の中で、ISOは最善のものであることが確認された。ところが、第3図に示すように、進化を必要とする事項が、その後の調査研究により明らかになってきた。



第3図　ISO 6358の進化必要性

(1) 機器の種類：ISOの楕円曲線では近似し切れない全ての機器に適用できるようにする。
(2) 特性表示方法：全ての機器に適用できる拡張表示式を定義する。
(3) 流量試験方法
① ISOが規定している2種類の試験方法による試験結果が一致できるようにする。
② M5やφ4プッシュイン継手付きなどの小径接続機器も試験できるようにする。
(4) 代替試験方法：大径接続機器も容易に試験ができる新試験方法を開発する。

3．特性表示方法の拡張定義による適用機器の拡大

3－1 拡張表示式

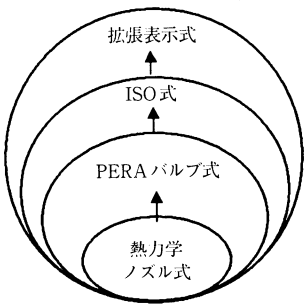
ISOは、試験中に内部流路が変化しない機器に適用すると限定しているが、空気圧システムを構成する多くの種類の機器に、共通して高い精度で適用できる特性表示方法が望ましい。そこで、次のような流量特性の拡張表示式を提案する。

$$Q = CP_1 \rho_0 \omega \sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \qquad \cdots(4)$$

$$\omega = 1 \qquad ; P_2/P_1 \leq b \qquad \cdots(5)$$

$$\omega = \left\{ 1 - \left(\frac{\frac{P_2}{P_1} - b}{a - b} \right)^m \right\}^n \quad ; P_2/P_1 > b \qquad \cdots(6)$$

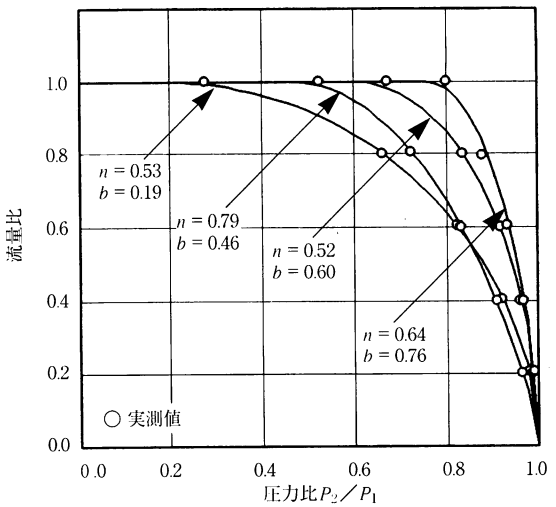
特性表示式の進化過程を第4図に示す。ISO式は1971年にSanvilleによって提唱されたものが、CETOP規格を経て採択されたものであるが、これは1960年代に熱力学ノズル式よりも空気圧バルブに適合するとして提唱されたPERAの式を一般形に拡張したものであった。上記の拡張表示式は、ISO式を包含する一般形にさらに進化させたものである。ISOの楕円関数は、$n = 0.5$、$a = 1$、$m = 2$である。



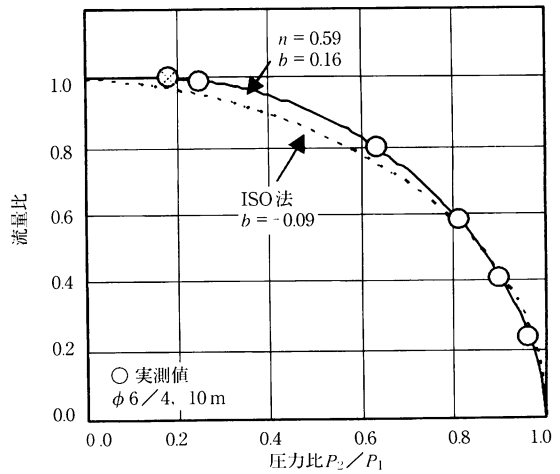
第4図 流量表示式の進化

3－2 各種機器への適用例

第5図に消音器などの多孔質流路機器、第6図に樹脂チューブの試験結果を示す。ISO式では近似度が思わしくなかったが、膨らみ指数nを導入することにより良い近似が得られた。この兆候は電磁弁でもわずかに見られたが、楕円曲線は圧力比1を漸近線とするのに対し、実際の特性は漸近形でないことが、顕著に現れたものである。

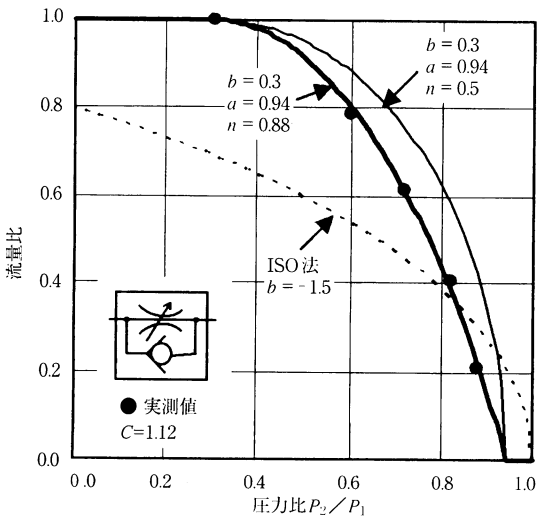


第5図 多孔質流路機器の流量特性



第6図 樹脂チューブの流量特性

第7図に速度制御弁の自由流れの試験結果を示す。絞り弁が全閉のとき、チェック弁のクラッキング特性により圧力比1未満で流量はゼロになってしまうので、ISOは全く近似できない。クラッキング圧力比aを導入し、さらにnにより曲線の膨らみを修正すると良い近似が得られた。



第7図　速度制御弁の流量特性

パラメータmは2に固定、aは測定値から、nとbは最小2乗法により容易に特定することができる。今後さらに多くの事例による検証を進め、拡張表示方法を確定する必要がある。

4．試験方法の改良

連載の第2回および第4回に詳説する予定なので、要点だけを述べる。

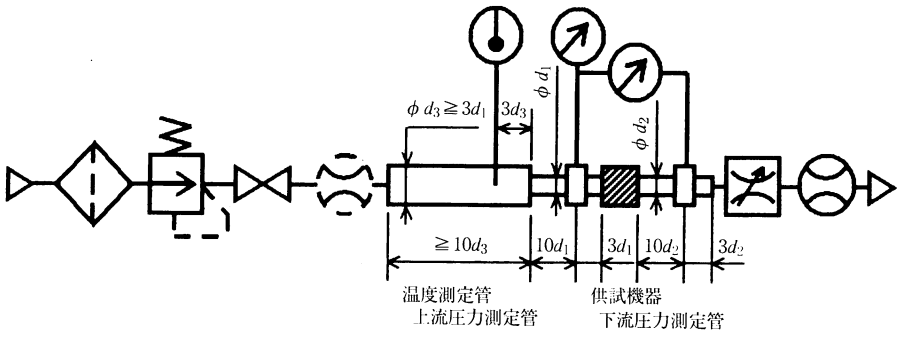
4－1　2つの試験方法の整合

ISOは、第8図に示すように、

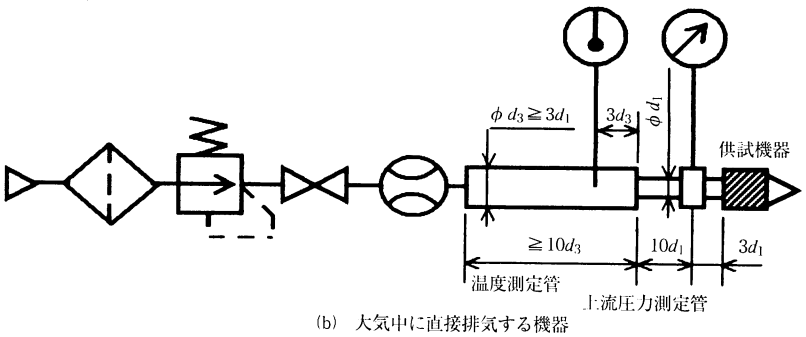
(a)　入口および出口のポートを持つ機器

(b)　大気中に直接排気する機器

の2種類の試験装置を規定している。ところが、両者の試験手順が全く異なるので、同一の機器を両方法で試験すると、結果の一致が得られない。とくに(b)の手順は、流量計のレンジが不足する、試験時間が長くなる、試験者の個人差が出やすいなどの欠点がある。しかし、(b)は手順が簡便で供試機器の接続形の制約も少ない利点があり、(a)を包括し得る。そこで、(a)、(b)ともに等価的な定点を測定する手順に整合させる必要がある。



(a)　入口および出口のポートを持つ機器



(b)　大気中に直接排気する機器

第8図　ISO 6358による試験回路

4－2　流量測定の配慮

その際、流量計の選択と校正およびレンジアビリティに起因する測定精度への配慮が必要である。流量範囲を5等分する試験方法（第8図(a)）の測定レンジは、5：1であるが、亜音速領域は、2次曲線的であることに対応して、例えば流量の2乗を等分割すると、90%～40%の範囲に測定レンジが半減し、1つの測定手順が単一の流量計で実施できるようになる。なお、非楕円特性の機器についても、試験手順とデータ処理方法を規定して、総括する必要がある。

4－3　小形機器の試験回路

ISOは、M5ねじの圧力測定管について、内径を2mmと規定しているが、この部分の音速コンダクタンスは約0.6dm^3/(s¥bar) 程度と小さいので、ここで流れがチョークして、供試機器の測定を行えない場合が発生する。ISOが制定された当時に比べて、近年の空気圧機器は小形化が進み、管ねじ1／8未満のメートルねじやφ4・φ6のプッシュイン継手付の機器が増えている。これらに対して、例えば寸法を規定した基準継手を用いる試験方法に改良する必要がある。

5．代替試験方法の開発

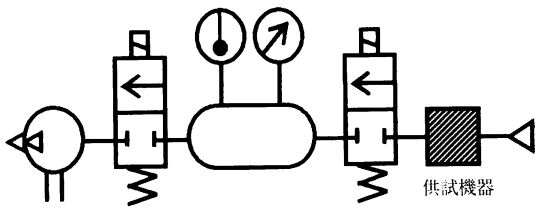
連載の第5回に詳説する予定なので、要点だけを述べる。

5－1　代替試験方法の必要性

ISOは接続口径20A以下の機器を適用範囲としているが、これは、連続して圧縮空気を流すには、20Aでも75kW以上、50Aでは300kW以上の大容量の空気源を必要とするので、試験の実施が困難となるための制限である。そこで、動特性試験方法を採用した旧JISを温故知新する代替試験方法の提案を、見込みを含めてISOの流量法と得失を比較すると、第1表のようになる。試験装置と供試機器に制約が少なく、作業性良く高精度の試験結果が得られることが開発のポイントである。

5－2　充填法

一定容積の容器へ、供試機器を経由して圧縮空気を充填するときの容器内圧力の応答を利用するのが「充填法」である。「正圧充填法」は、大容量で一定圧の高圧空気を供給することが困難なので、旧JISは「放出法」を採用した経緯がある。2002年に工業会規格JFPS 2009に制定された「真空充填法」は、第9図に示すように、あらかじめ真空にした容器に供試機器を経て大気から空気を充填させ、第10図に示す圧力応答の直線部からCを、曲線部からbを算出する。これは、パワー源の制約が少なく低騒音であり、流量法では困難な20Aサイズ以上の大形機器の代替試験として有効である。非楕円特性の機器への適用が残る課題である。

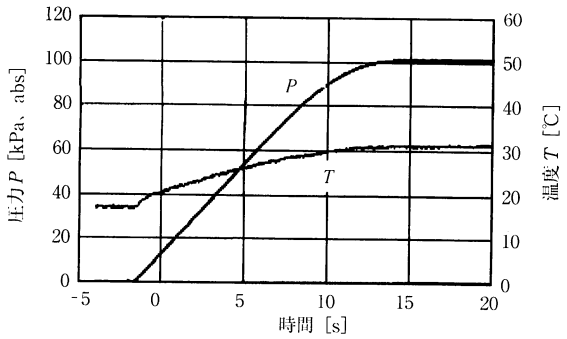


第9図　真空充填法

第1表　ISO流量法と代替試験方法との比較

○優　△課題　×劣

要求事項		流量法	充填法		放出法	
			正圧	(真空)	中国規格	(単一供試)
試験装置	パワー源の容量が小さい	×	×	○	○	
	圧力制御が不要	○	×	○	○	
供試機器	サイズが制約されない	×	×	○	○	
	接続形が制約されない	○	×		×	○
	特性形が制約されない	○	△		×	△
	圧力制御弁へ適用できる	○	△		×	△
作業性	試験時間が短い	×	○	×	×	○
	騒音が低い	×	△	○	×	
測定精度	温度変化に影響されない	○	×（△）	△（○）	×（等温化△）	
	流量計に依存しない	×	○		○	
完成度		○	△		×	



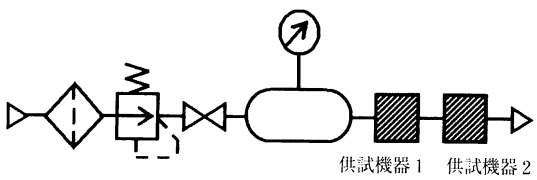
C=3.71dm³/(s¥bar)、　b=0.514

大気：101.0kPa　室温：292.15K（19℃）　容積：47.78dm³

第10図　タンク内の圧力と温度の応答

5－3　放出法

旧JISは、容器に充填した圧縮空気を大気へ放出させ、容器内圧の下降時間と残存圧力からSすなわちCを求める「放出法」を採用していた。放出法は供試機器および試験装置の制約が少なく、試験時間が短い利点がある。1993年に、Cだけでなくbをも求める「直列音速排気法」が、中国規格GB／T 14513に制定された。第11図に示すように、Cが近似する2台を供試機器とし、各1台単独および接続順を替えた2台直列の計4回について測定し、合成特性式を用いてまず各Cを、次いで各bを算出するものであるが、制約が多く、試験作業が煩雑である。現在開発が進められている、旧JISと同様な単一の供試機器における圧力応答曲線の解析により、b、nおよびaを算出する方法が、代替試験方法として最有力である。



第11図　中国規格による直列音速排気法

5－4　等温化装置

動特性試験において、容器内の空気温度は、充填で上昇、放出で低下の変化があり、測定精度に影響を及ぼす。そこで、改善策として熱交換の機能を内蔵させて温度変化を抑制する「等温化容器」の使用が提案されている。代替試験方法の完成度を上げるため、装置の設計・製作仕様と性能基準の標準化が必要である。

5－5　圧力制御機器への適用

減圧弁のISO規格は、最大流量までの出口圧力の特性をグラフ表示すると規定している。一方、1967年に日本溶接協会規格WES-158は、充填応答時間で流量特性を規定していた。上記までの成果を発展させれば、減圧弁やリリーフ弁などの圧力制御弁についても、圧力応答波形の解析により全域の流量特性を復元することが可能となろう。そしてグラフ表示に替わる特性パラメータの設定により、システム解析・設計に適用し易い特性モデル化への進化が期待できる。

本稿のおわりに

第1回の本稿は、現状と課題の全貌とそのうちのとくに特性表示方法の新提案について解説した。多くの空気圧機器に統一的に適用させるには、ISO 6358が提示した楕円関数の呪縛を解くことが必要である。次回から筆者をリレーして、消音器などの特性と大気放出試験方法、速度制御弁などの特性、M5などの小径接続機器の試験方法、代替試験方法、システム特性などについて順次連載する予定である。読者諸氏のご批判、ご指導をお寄せ頂き、同時進行する規格化事業に反映させることを期待している。

<参考文献>

(1)　日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成10年度空気圧機器の流量測定法の技術基準に関する調査研究報告書(1999)

(2)　日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成14年度空気圧機器の特性表示方法と試験方法の規格化に関する調査研究報告書（2003）

【筆者紹介】

小根山尚武

SMC㈱　筑波技術センター

〒300-2493　茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2

TEL：0297-52-6651　　FAX：0297-20-5008

Y0303-15
0914-6253/03/￥500/論文/JCLS

シリーズ

＜第2回＞ コンピュータベースの油空圧技術開発

＝油空圧図記号に基づく直感的モデリング＝

㈱トヨタテクノサービス　横島　靖典
Dr.　Peater Beater

まえがき

かつて行われていた制御ブロックによる物理モデル作成では、まず方程式を記述し、これを制御ブロックとして表現する必要がありました。より早く、より効率的なモデル化を行うため、物理系モデリング・シミュレーションツールDymolaはオブジェクト指向のモデル化手法を採用しました。今回はこの“オブジェクト指向”をキーワードとして、このツールの持つ背景について詳しくご紹介します。

1．オブジェクト指向モデリングの原理

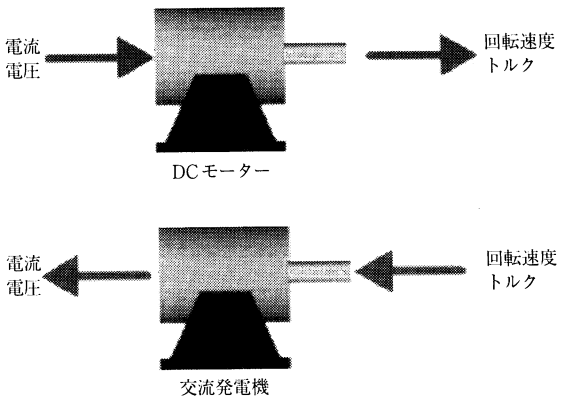
前回ご紹介したブロックダイアグラムでは再利用可能な部品を作成するのは大変難しいものです。それ以外の方法はいったいどのようなものでしょうか？　これに対する解答はオブジェクト指向モデリングということになります。オブジェクト指向モデリング、は一言で次のように表現できます。“物理的な対象がどこにあるかに依らないプログラム表現”

このことを実現するために次のような条件が必要となります。

- 等式（何かと何かが等しい、という関係）を基本とする
- 階層的な構造を持つ
- flow変数とacross変数（後述）によって結ばれる

オブジェクト指向モデリングでは入力変数や出力変数を指定しません。簡単な例として電気モーターを考えてみます。モーターは駆動力として利用可能で、この場合電流と電圧が入力変数、トルクとシャフトの速度が出力変数となります。

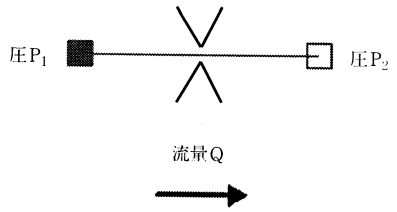
一方DCモーターは発電機として利用でき、この場合はシャフトへのトルクと速度は入力変数、電圧と電流は出力変数となります。



第1図　DCモーターと交流発電機

同じようなことが油圧ポンプと油圧モーターについてもいえます。油圧ポンプと油圧モーターは本質的には同じ機器ですが、回路の設計がそれらを油圧ポンプ（機械的な力を油圧エネルギーに変える）、または油圧モーター（油圧エネルギーを機械的な力に変える）という役割を決めます。部品を作ったときには入力変数と出力変数を指定しませんが、システムに組み込まれたときには自動的に決定されます。こうしたモデル化の方法を“非因果律的”といいます。

別の例は2節で示したオリフィスモデルです。これは3つの変数、つまり2つの圧力と流量を持っており、もし2つの変数が与えられれば、3つ目を計算することができます。オブジェクト指向モデルのアプローチを用いれば、必要なのはただ1つのモデルのみですが、ブロックダイアグラムによるモデリングでは3



第2図　DCモーターと交流発電機

つの異なるモデルが必要となります。ブロックを用いた方法は先の非因果律的モデリングに対して“因果律的モデリング”とも呼ばれ、入力と出力変数をモデル部品の作成時に決定する必要があります。

Dymolaでは部品（または部分システム）を線で結ぶことでシステムが作成されます。この線は回路を流れる流れの物理法則を意味します。流れの一般法則（キルヒホッフの法則）を利用し、through変数とacross変数を積が仕事率となるように定義します。油圧システムでは、through変数（注：線で結ばれた点で和が一定となる変数）としては体積流量Q、across変数（注：線で結ばれた点で値が等しい変数）としては圧pを選びます。流量と圧の積は油圧仕事率と呼ばれます。同様に電気の世界では、電流と電圧がそれらの変数として用いられます。また、力学的な領域では力と速度が用いられます。

始めに述べたように、オブジェクト指向によるモデルは等式を基本としており、普通のプログラミング言語のような値を割り当てる記述は用いません。例えばオリフィスを流れる流量Qは、次のような等式として記述されます。

$$Q_{orifice} = A \cdot C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot dp}{\rho}} \qquad \cdots(1)$$

A：面積

C：流量係数

このように表現しておけば、オブジェクト指向プログラミングでは必要な変数についてこの式を自動的に解くことができます。たとえば圧力降下dpが必要な場合、上の関係はコンピュータによって、

$$dp = \left(\frac{Q_{orifice}}{AC}\right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} \qquad \cdots(2)$$

と自動的に処理されます。

オブジェクト指向の方法によって作成されたモデルは、汎用性が高く、様々な状況で用いることが可能です。つまり再利用性を備えた部品ライブラリが作成できるということです。これにより、式を変形したり解いたり、という退屈で間違いのもととなる作業はコンピュータにまかせて、システムのモデル化とシミュレーションデータの解析に集中して開発を行うことが可能になります。

(1)　オブジェクト指向モデリング言語 Modelica

オブジェクト指向モデリング言語Modelicaの開発は1996年に始まりました。開発グループには、シミュレーションツール開発者や様々な領域のシミュレーションユーザー、コンピュータサイエンスの学者などが加わり、それまでのオブジェクト指向モデリングについてのコンセプトをまとめた統一的なモデリング言語の開発がスタートしました。こうして生まれたモデリング言語Modelicaは多くの応用分野を想定し（例えばドライブトレーン、マルチボディシステム、油圧系、空圧系、電気回路、熱力学系、化学系など）、できるかぎり多くの形式（例えばODE、DAE、ボンドグラフ、有限状態オートマトン、ペトリネットなど）に使われるように工夫されています。一般的な目的をもったツールと、特定の領域や扱いに特化したツールがModelicaに集約されて、ツールやユーザーの間でモデルをやり取りすることが可能になっています。

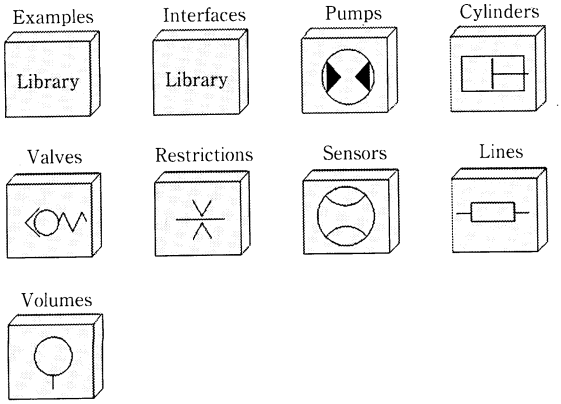
また、エンドユーザーに対してはグラフィカルインターフェースによってModelicaの記述が見えない状態となっており、そのユーザーインターフェース上でモデルアイコンを選択し、ダイアログボックスにパラメータを入力、コンポーネントをグラフィカルに接続する、といった簡単な作業でモデルを作成できます。

(2)　Dymola

Modelicaデザイングループのメンバーによって、幾つかのModelica支援ツールが開発されました。そのなかで最も進んでおり、工業的応用に適したツールがスウェーデンのDynasimAB社によるDymolaです。このプログラムは1978年に研究用ツールとして作成され、1992年に商業製品となり、1999年にModelicaをサポートすることとなりました。Dymolaは（たとえば、定常状態や線形化の計算、といった）現代のシミュレーションプログラムに必要なすべての機能を提供し、安定して実行することが可能です。また、非常に効率的なシミュレーションコードを生成します。2002年にはDymola5がリリースされ、さらに革新的なコンセプトでユーザーの生産性向上を支援します。

(3)　油空圧ライブラリHylib

Dymolaには2つのフルードパワーライブラリがあります。そのうちの1つ、油圧ライブラリHyLib（第3図）はシンプルかつパワフルな油圧系のモデルライブラリです。機械やオートマチックトランスミッション、掘削機械やフォークリフトで用いられる閉または開油圧駆動回路などの開発にも利用されています。

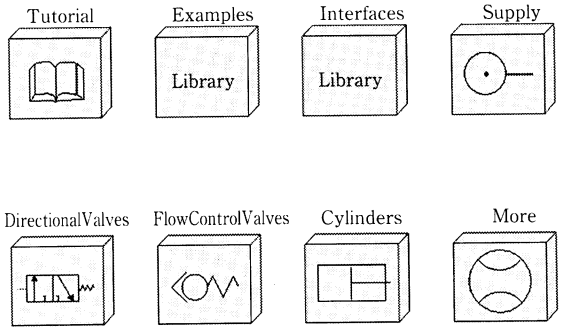


第3図　油圧ライブラリHyLib

Hylibが内部的に採用する数式はソースコードのレベルで精査・検討を繰り返され、洗練されたものです。また、これらの内部をオープンとして、利用者に公開しています。また、これらの数式や理論の背景を解説する詳細なマニュアルも準備されています。

ライブラリにはポンプ、モーター、シリンダ、抵抗、バルブ、油圧配管、油圧体積、センサーなどをモデル化するのに必要な部品要素や、それらによって作成された基本部品要素が含まれます。これらは基本的な対象物について必要十分なものです。もし特別に設計されたコンポーネントが必要であれば、ライブラリコンポーネントを修正することでモデル化することも可能です。なお、スプール力や流量制御オリフィス、圧力に依存した体積弾性定数、キャビテーションなどは要素として準備されており、必要に応じて利用できます。また、本油圧ライブラリとその他のDymolaライブラリはシームレスに統合できます。

ほぼ同様のことが空圧ライブラリPneuLib（第4図）にも言えます。シリンダ、モーター、バルブ、抵抗、体積要素、配管、センサーなどをモデル化するための基本モデルクラスが準備されており、基本的な対象への適用においてはこれらのクラスはすべての必要



第4図　空圧ライブラリPneuLib

なものを網羅しています。ライブラリにはベーンモーターや、以下の章でご紹介するサンプルモデルなども含まれます。もし特別にデザインされたモデルが必要であれば、簡単にライブラリコンポーネントを修正することでモデル化できますが、現実的な効果の多くはすでにサブモデルとして提供されています。

オブジェクト指向モデリング言語Modelicaを採用したDymolaによって、効率が良く、再利用性の高いモデル開発が可能になります。次回は実際の応用例についてご紹介します。

【筆者紹介】

Dr.　Peater Beater
University of applied Sciences Soest. Department of Mechanical Engineering
D 59494 Soest. Luebecker Ring 2. germany

横島靖典
㈱トヨタテクノサービス　車両制御システム部
〒470-0334　愛知県豊田市花本町井前1-21
TEL：0565-46-7733　　FAX：0565-46-7746
E-mail：y-yoko@dukedom.tec-serv.co.jp

シリーズ

Y0304-02
0914-6253/03/¥500/論文/JCLS

パッキン豆知識③

＝パッキンの寿命について＝

NOK㈱　山﨑　博之

油圧シリンダは、油圧によって直線運動を行い、機械的な仕事をする機器である。この仕事を効率的に行い、また外部への油漏れを防止する目的で、油圧シリンダにはパッキンが装着されている。そのため、パッキンが破損すると、油圧シリンダの作動不良によるラインストップが生じたり、油漏れによる環境汚染や火災の危険性が生じる。よって、パッキンの寿命を把握し、定期的に交換・メンテナンスすることは非常に重要である。しかし、一方で、さまざまな使用条件で使用される油圧シリンダにおいて、寿命を推定することは、パッキンメーカーのみでは困難であり、ユーザーからの適切な情報が必要である。本稿では、パッキンの寿命把握時の注意点および寿命に影響を及ぼす要因と対策について紹介する。

1．パッキンの寿命（年数）

パッキンに要求される寿命は、理想としては、使用している機械が壊れるまでである。しかし、使用条件や稼動状況でパッキンの寿命は異なってくるため、交換が必要となる場合も多い。第1表に使用機械と油圧シリンダの使用条件、稼動状況、パッキンの寿命（年数）の1事例を示す。

第1表からわかるように、油圧シリンダが装着される機械によって、使用条件（温度・圧力）、稼動状況（稼働時間・回数・摺動距離）が異なり、パッキンの寿命も異なってくる。

よって、パッキンの寿命を把握する場合、使用年数以外に、使用条件、稼働時間・作動回数・摺動距離の情報が重要である。

2．実際の使用条件の把握

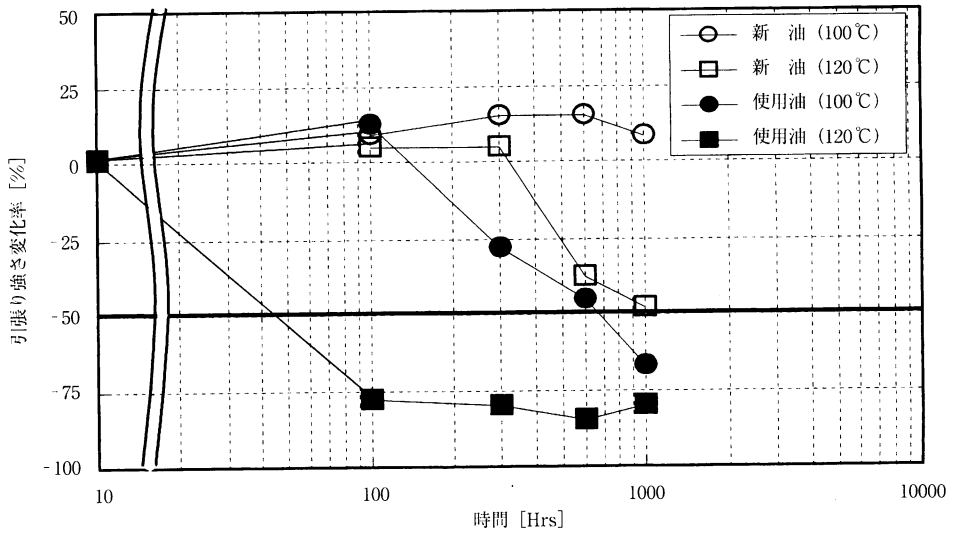
同じ機械を使用している場合でも、顧客Aと顧客Bでは、寿命は半分という場合がある。この場合、実際の使用条件を把握することが重要である。

例えば、東南アジアや中国では、油圧ショベルの稼動率を上げるために、オペレーターが交替して24時間連続稼動する場合がある。この場合、パッキン近傍は摺動発熱により、温度上昇し、国内で使用されるよりも、短い稼働時間で寿命となる。

また、油は使用しているうちに、スラッジや酸性成分の増加、水分の混入などが生じ、ゴム材料に与える影響が大きくなってくる。そのため、油のメンテナンスが悪いと、ゴム材料の物性低下が早くなる。第1図にウレタンゴムの新油と使用油での耐油試験結果を示す。引張り強さ変化率が-50％を寿命と仮定すると、使用油の方が、寿命が短い。

第1表　パッキンの寿命例

使用機械	使用条件		稼動時間・回数・摺動距離／年			寿　命
	温度	圧力	稼働時間	作動回数	摺動距離	（年数）
トラッククレーン	50℃	21MPa	500時間	2万回	30km	10年
射出成形機	50℃	14MPa	6000時間	100万回	300km	4年
油圧ショベル	80℃	32MPa	1000時間	20万回	100km	4年
水力発電所設備	40℃	5MPa	7000時間	40万回	10km	10年



第1図　ウレタンゴムの耐油試験（引張り強さ変化率、新油と使用油の比較、使用油：4.000Hrs使用後の一般作動油）

3．故障モードの把握と対策

パッキンの耐久性向上には、寿命となった故障モードを把握し、その要因について対策する必要がある。パッキンの一般的な故障モードと要因、対策例を以下に示す。

(1)　へたりによるしめしろ低下

温度の影響が大であり、摺動発熱を含めた温度を下げるか、耐熱性のある材料へ変更する。また、バッファリングを併用したシーリングシステムも有効である。

(2)　材料劣化によるゴム材料剛性低下

温度・油種の影響が大であり、①温度を下げる、②油種の変更や油のメンテナンス、③耐油性の有る材料への変更、などが考えられる。

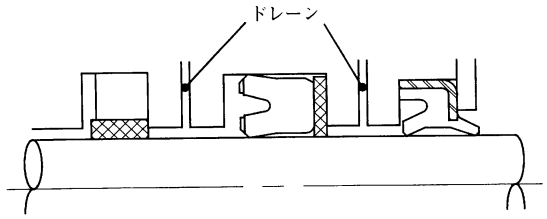
(3)　摩耗によるしめしろ低下・面圧分布変化

圧力（圧力のかかりかたが重要）・油種・相手摺動面の状態（傷有無、粗さの形態）・横荷重などが影響する。対策として、①バッファリングの併用、②耐摩耗性のある材料への変更、③油種の変更、④偏心の抑制、などが考えられる。

(4)　破損（ヒール部欠損、U溝部クラック）

圧力・温度・加圧頻度・はみだし隙間・偏心などが影響する。対策として、①バックアップリング併用、②バッファリング併用、③はみだし隙間縮小、④偏心抑制、などが考えられる。

耐久性を向上させる方法の1つとしてバッファリングの併用がある。バッファリングは、ロッドシールの圧力側に装着され、①ロッドシールに作用する衝撃圧や変動圧の緩衝・吸収、②ロッドシールの摩擦抵抗と摺動発熱の軽減、③ロッドシールへの油温伝達の抑制、の3つの効果があり、耐圧・耐摩耗性向上および広い温度範囲に対応したシーリングシステムの検討が可能になる。



第2図　ドレーン回路を設けたシーリングシステム例

また、油漏れが発生した場合、すぐにパッキンを交換することが困難な機械においては、ドレーン回路を設ける（第2図）などして、パッキンのシール性が低下しても、外部漏れを生じない工夫が必要である。

【筆者紹介】
山﨑博之
NOK㈱　樹脂パッキン事業部　設計部　設計3課
〒964-8533　福島県二本松市宮戸30
TEL：0243-22-0285　　FAX：0243-23-7930

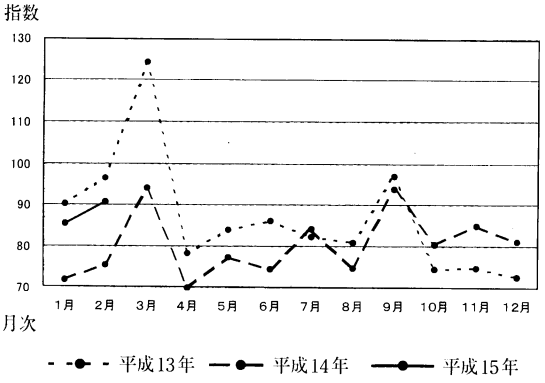
油空圧機器出荷集計

＝平成15年2月＝

－資料提供：㈳日本フルードパワー工業会－

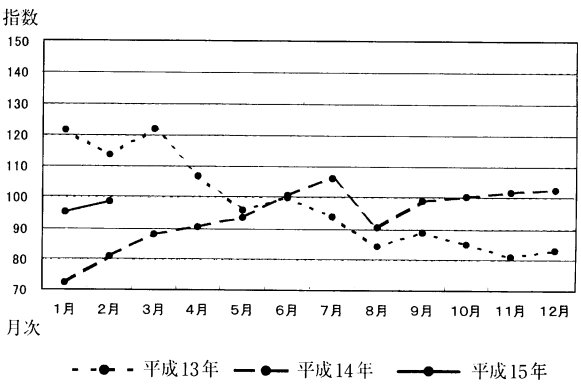
油圧機器出荷高推移

（指数　100＝平成10年月平均）



空気圧機器出荷高推移

（指数　100＝平成10年月平均）



油圧機器受注・出荷実績集計表

（速報値）

（平成15年2月）　　（単位：百万円、％）

	受注額				出荷額			
	実績	前月比	前前月比	前年同月比	実績	前月比	前前月比	前年同月比
油圧ポンプ	3,194,904	105.8	121.3	129.6	2,906,277	99.4	101.3	124.3
油圧モータ	1,905,955	91.0	128.5	105.0	2,104,219	108.3	132.5	124.9
油圧シリンダ	2,230,821	113.2	107.3	108.0	2,526,867	111.3	110.7	132.4
油圧バルブ	3,711,593	98.4	119.4	117.3	3,670,133	100.2	110.3	122.5
油圧ユニット	2,517,441	136.3	150.9	122.1	2,147,589	108.8	110.5	96.1
小計	13,560,714	106.7	123.6	117.2	13,355,085	104.6	111.2	119.6
その他機器	1,534,308	126.6	129.9	124.6	1,458,748	126.3	117.0	126.7
合計	15,095,022	108.5	124.2	117.9	14,813,833	106.4	111.7	120.3

注）本「速報値」から「確報値」の概略を推測する場合、カバー率は約80％として算出願います。

空気圧機器出荷実績集計表

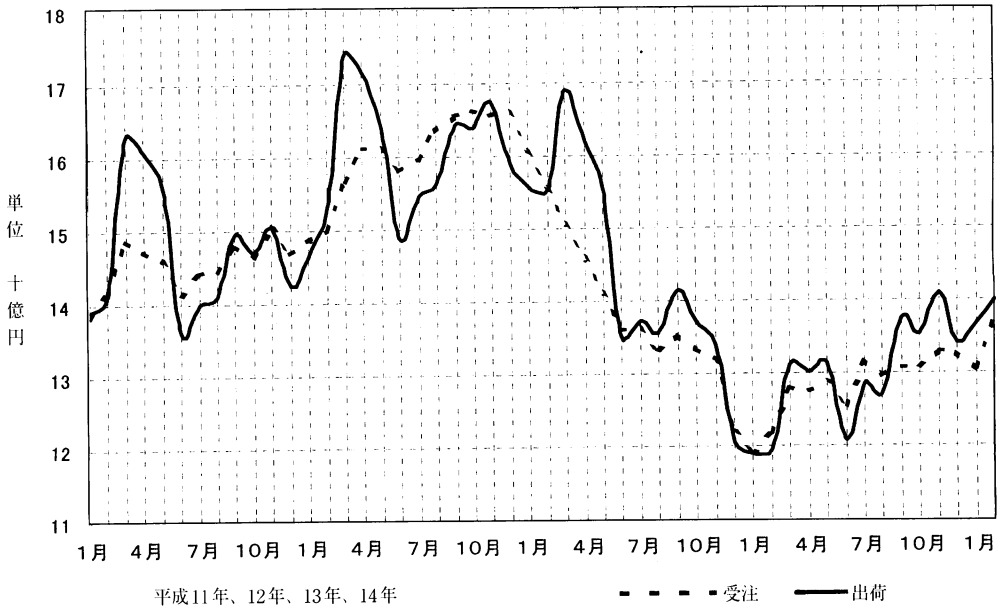
（速報値）

（平成15年2月）

	出荷額 百万円	構成比 %	前年同月比
シリンダ	5,528	29.7	121.1
圧力制御弁	579	3.1	136.5
流量制御弁	396	2.1	137.3
方向制御弁	4,885	26.2	124.2
フィルタ	557	3.0	123.3
ルブリケータ	167	0.9	126.2
流体素子	133	0.7	122.8
エアードライヤ	471	2.5	113.1
真空用機器	544	2.9	157.7
空気圧機器応用機器	212	1.1	137.3
その他空気圧機器	5,149	27.7	115.7
合計	18,621	100.0	122.0

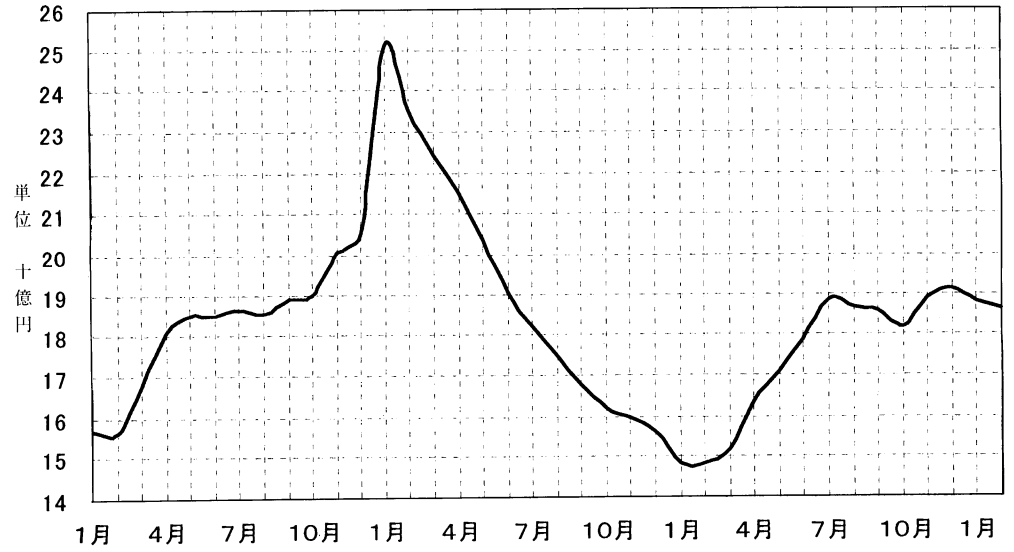
本出荷高は、会員会社23社（調査対象）の実績である。

油圧機器出荷高推移
速報値　3ヶ月平均



平成11年、12年、13年、14年

空気圧機器出荷高推移
速報値　3ヶ月平均



平成11年、12年、13年、14年、15年

油圧機器受注出荷月別実績推移

（指数　100＝平成10年月平均）　　（単位：百万円）

年・月度		受注 実績	受注 指数	受注 前年同月比	出荷 実績	出荷 指数	出荷 前年同月比
平成12年	1月	14,493	91	103.0	14,649	90	107.8
	2月	15,418	97	108.8	16,674	102	112.8
	3月	17,146	108	104.7	20,862	128	101.8
	4月	15,837	100	116.2	14,011	86	107.7
	5月	15,285	96	111.2	14,353	88	108.3
	6月	16,301	103	108.3	16,290	100	112.1
	7月	16,307	103	113.1	15,748	97	110.9
	8月	16,483	104	118.4	14,860	91	109.4
	9月	16,910	107	105.0	18,675	115	109.4
	10月	16,498	104	118.2	15,669	96	116.7
	11月	16,303	103	108.4	15,925	98	108.5
	12月	17,057	108	113.3	16,122	99	110.4
合計		194,038		110.5	193,838		109.4
平成13年	1月	14,775	93	101.9	14,725	90	100.5
	2月	14,850	94	96.3	15,731	96	94.3
	3月	15,489	98	90.3	20,253	124	97.1
	4月	13,398	85	84.6	12,768	78	91.1
	5月	13,469	85	88.1	13,695	84	95.4
	6月	13,979	88	85.8	14,060	86	86.3
	7月	13,394	85	82.1	13,458	83	85.5
	8月	12,476	79	75.7	13,192	81	88.8
	9月	14,751	93	87.2	15,820	97	84.7
	10月	12,817	81	77.7	12,153	75	77.6
	11月	11,993	76	73.6	12,184	75	76.5
	12月	11,730	74	68.8	11,843	73	73.5
合計		163,120		84.1	169,882		87.6
平成14年	1月	11,959	75	80.9	11,709	72	79.5
	2月	12,804	81	86.2	12,313	76	78.3
	3月	13,640	86	88.1	15,363	94	75.9
	4月	11,827	75	88.3	11,416	70	89.4
	5月	13,093	83	97.2	12,628	77	92.2
	6月	12,711	80	90.9	12,157	75	86.5
	7月	13,722	87	102.4	13,770	84	102.3
	8月	12,400	78	99.4	12,190	75	92.4
	9月	13,116	83	88.9	15,317	94	96.8
	10月	13,654	86	106.5	13,120	80	108.0
	11月	13,085	83	109.1	13,853	85	113.7
	12月	12,156	77	103.6	13,258	81	111.9
合計		154,167		94.5	157,093		92.5
平成15年	1月	13,916	88	116.4	13,928	85	118.9
	2月	15,095	95	117.9	14,814	91	120.3

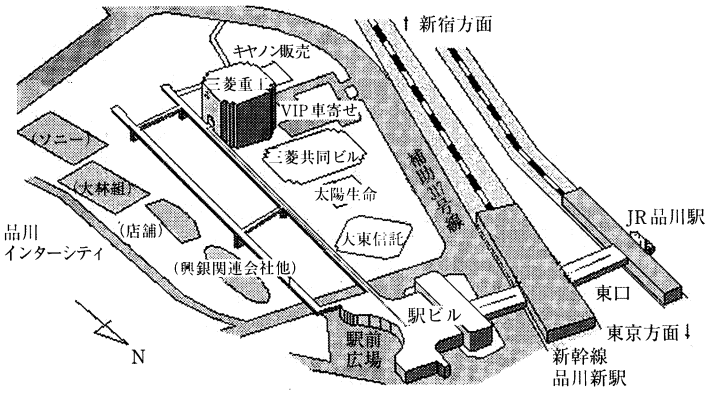
空気圧機器月別出荷額推移

（指数　100＝平成10年月平均）　　（単位：百万円）

		出荷額 百万円	指数 %	前年同期比 %
平成12年	1月	19,271	102	130.2
	2月	21,845	116	133.6
	3月	24,564	130	127.7
	4月	23,611	125	126.2
	5月	22,550	120	128.7
	6月	26,578	141	138.2
	7月	24,723	131	128.8
	8月	25,274	134	146.8
	9月	26,339	140	129.5
	10月	27,669	147	142.6
	11月	26,076	138	127.4
	12月	26,324	140	121.2
合計		294,824		131.5
平成13年	1月	22,888	121	118.8
	2月	21,425	114	98.1
	3月	22,973	122	93.5
	4月	20,116	107	85.2
	5月	18,099	96	80.3
	6月	18,838	100	70.9
	7月	17,711	94	71.6
	8月	15,916	84	63.0
	9月	16,711	89	63.4
	10月	16,028	85	57.9
	11月	15,229	81	58.4
	12月	15,620	83	59.3
合計		221,554		75.1
平成14年	1月	13,665	73	59.7
	2月	15,269	81	71.3
	3月	16,631	88	72.4
	4月	17,049	90	84.8
	5月	17,627	94	97.4
	6月	18,967	101	100.7
	7月	20,020	106	113.0
	8月	17,068	91	107.2
	9月	18,658	99	111.7
	10月	18,898	100	117.9
	11月	19,160	102	125.8
	12月	19,288	102	123.5
合計		212,300		95.8
平成15年	1月	17,984	95	131.6
	2月	18,620	99	121.9

三菱重工業㈱　新社屋完成と本社移転

三菱重工業では、かねてより建設を進めていた新本社ビルが竣工し、丸の内本社ビルから下記の通り移転し、5月6日付にて新社屋での業務を開始した。



■新 住 所
〒108-8215　東京都港区港南2-16-5
三菱重工ビル
■移 転 日　平成15年5月6日㈫
■電話番号　03-6716-3111㈹
■各部門の電話番号

●原動機事業本部		
産業エネルギー部	TEL：03-6716-3951	FAX：03-3716-5779
太陽電池事業グループ	TEL：03-6716-3397	FAX：03-6716-5816
電力部　新規事業グループ	TEL：03-6716-3451	FAX：03-6716-5842
●汎用機・特車事業本部		
エンジン営業部	TEL：03-6716-4767	FAX：03-6716-5854
●産業車両営業部		
打設機械グループ		
コンクリートポンプ部門	TEL：03-6716-4711	FAX：03-6716-5853
油空圧部門	TEL：03-6716-4607	FAX：03-6716-5853

燃料電池用実証試験設備を完成

／㈱チノー

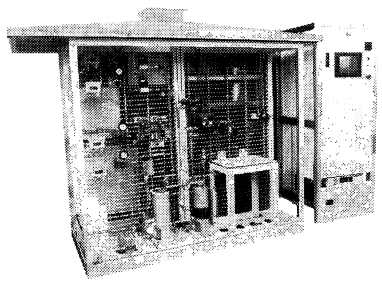
計測・制御・監視とシステムの㈱チノーは、燃料電池評価試験装置の性能、機能の向上と、燃料電池および関連部品・素材の試験・研究を支援するため実証試験設備を完成させた。同設備は、燃料電池評価試験装置の開発・生産を担当する装置計装事業部（埼玉県久喜市）に設置しており、この程稼働を開始した。

同社は、燃料電池試験装置の生産において約20年の実績があり、固体高分子型、固体電解質型など各種燃料電池の単セルからフルスタックまで試験装置を多数手掛けるとともに、関連する触媒評価装置、改質器評価装置、ガス選択評価装置などにおいても多くの実績を有している。

昨年発売の標準化、コンパクト化を図った固体高分子型単セル評価試験装置と、ショートスタック（積層電池）型評価試験装置が好評で、引合いが拡大している。これらの評価装置の高性能化・高機能化や、客先専用仕様品の設計に本設備を活用しシェア拡大を図る。

■燃料電池用実証設備の目的

① 評価試験装置の性能、機能、操作性、安全性の高度化に関する研究。
② 標準化、コンパクト化などの研究によるコスト低減、納期短縮の向上。
③ 顧客要求の性能、機能の実証による顧客満足度の向上。
④ 要素技術、計測、制御、構造、ソフトの研究および開発。
⑤ 試験装置の導入顧客へ対するトレーニング、操作実習。
⑥ 燃料電池の発電実験、構成部品の評価試験の受託対応。



／問い合わせ先　㈱チノー　装置計装事業部　営業部
TEL：0480-23-2063（営業部）

業界に貢献する——*keyman flash*

飯島清二
㈳日本プラントメンテナンス協会　TPMコンサルタント
〒105-0011　東京都港区芝公園3-1-38
TEL：03-3433-0354　　FAX：03-3433-8665

門　泰一
太陽鉄工㈱　社友
〒533-0002　大阪市東淀川区北江口1-1-1
TEL：06-6340-1123　　FAX：06-6340-1640

水野義宣
黒田精工㈱　旭工場　技術課　技術2係
〒289-2505　千葉県旭市鎌数10243
TEL：0479-62-3211㈹　　FAX：0479-64-1198
E-mail：yoshinobu_mizuno@kuroda-precision.co.jp

小谷政幸（昭和25年6月15日生・長崎県出身）
㈱ニューエラー　開発部　開発2課　課長
〒544-0006　大阪市生野区中川東1-7-21
TEL：06-6754-6751　　FAX：06-6754-2111
E-mail：kotanim@newera.co.jp

株式会社ニューエラー
＜代表者名＞　奥田　徹
＜本社住所＞
〒544-0006　大阪市生野区中川東1-7-21
TEL：06-6754-8511　　FAX：06-6754-3036
＜資本金＞　3億9,500万円
＜年　商＞　38億円
＜従業員数＞　150名
＜主要取引先＞
オムロン、SPK、タダノ、コガネイ、NOK
＜事業内容および会社近況＞
昭和14年に自動車用品電装品の専門工場として設立されました。さらに昭和43年、空気圧機器を開発、以来、自動車産業のみならずFA機器分野において今日の地位を確立しています。市場のニーズを先取りする開発型企業として、新たに電源分野に進出しております。

増沢澄成（昭和45年7月14日生・長野県出身）
㈱日本ピスコ　開発部　開発課　主任
〒399-4587　長野県上伊那郡南箕輪村4088
TEL：0265-73-0151　　FAX：0265-76-3601
E-mail：tec@pisco.jp

株式会社日本ピスコ
＜代表者名＞　山崎清康
＜本社住所＞
〒394-0089　長野県岡谷市長地出早3-9-32
TEL：0266-28-6072
＜資本金＞　2億790万円
＜年　商＞　53億円
＜従業員数＞　250名

伊東孝彦（昭和9年4月28日生・埼玉県出身）
㈱雪ヶ谷制御研究所　技術部
〒222-0033　横浜市港北区新横浜2-12-12-203
TEL：045-473-5859　　FAX：045-473-5959
E-mail：itoh_yukigaya@mbe.nifty.com
＜主なる業務歴および資格＞
機械・電気全般に亘る開発と設計製作。

株式会社雪ヶ谷制御研究所
＜代表者名＞　関　純子
＜本社住所＞
〒222-0033　横浜市港北区新横浜2-12-12-203
TEL：045-473-5859　　FAX：045-473-5959
E-mail：itoh_yukigaya@mbe.nifty.com
＜資本金＞　1千万円
＜年　商＞　5千万円
＜従業員数＞　2名
＜主要取引先＞　著名企業各社殿（受託契約によるので、公表致しておりません）
＜事業内容および会社近況＞
電気二重層キャパシター応用機械、車両開発。新方式フライホイールと利用技術。新方式フルードシステムと流体機器。パワーエレクトロニクス。小型ガスタービン、特に熱効率改善を目指す。

次号掲載予定報文

■特集：環境と油圧作動油
○新日石の環境油圧作動油
○ジャパンエナジーの油圧作動油
○環境対応型作動油
○生分解性作動油
○環境対応型油脂（EAL）
○環境に配慮した難火性作動液
○省エネルギー／高引火点型高性能油圧作動油
○環境対応油圧作動油
○クリントリュブリカンツ
■解説
○キャビテーション・ショットレス・ピーニング装置の開発
○人間親和型柔軟アクチュエータ
■製品と技術
○窒素ガス発生装置
○高速リニアサーボ弁
■シリーズ
○コンピュータベースの油空圧技術②
○特性表示方法の新提案②
■H&P情報
○油空圧機器出荷集計

〔掲載予定報文は編集部の都合で変更になる事があります。〕

● 本誌に掲載する著作物の複製権・翻訳権・上映権・譲渡権・公衆送信権（送信可能化権を含む）は日本工業出版株式会社が保有します。

● JCLS <㈱日本著作出版権管理システム委託出版物>

本誌の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に㈱日本著作出版権管理システム（電話 03-3817-5670、FAX 03-3815-8199）の許諾を得てください。

本誌投稿規程

本稿では関連報文の投稿を歓迎いたします。詳しくは編集部までご連絡をください。尚、投稿された原稿は編集会議、編集委員会にて採否を決めさせて戴きます。

広告掲載について

本誌は広告も読者にとって、本文記事と同様に、身近な技術情報であるとの認識のもとに広告スペースを設けております。詳しくは編集部までご相談ください。

乱丁、落丁本は、ご面倒ですが小社までご送付ください。
送料小社負担にてお取替えいたします。

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています。

編　　集　油空圧技術　編集委員会

発 行 所
発 行 人　日本工業出版株式会社

本　　社　〒113-8610　東京都文京区本駒込 6-3-26
TEL　03 (3944) 1181㈹　　FAX　03 (3944) 6826
http://www.nikko-pb.co.jp/
e-mail:info@nikko-pb.co.jp
大阪営業所　TEL　06 (6202) 8218　　FAX　06 (6202) 8287
日本橋事務所　TEL　03 (3808) 1021　　FAX　03 (3808) 1023
中国事務所　TEL・FAX　(0591) 7855622
販売専用　TEL　03 (3944) 8001　　FAX　03 (3944) 0389
振　　替　00110-6-14874

定価2,000円（本体1,905円）
年間購読料・年13冊22,000円（税込）

〈東京本社付近図〉